

VERGLEICH DER AUSSAGEKRAFT
DES DIAGONALWINKELS
NACH ASCHER MIT DER ANALYSE
VON BJÖRK/ØDEGAARD
FÜR DIE ZU ERWARTENDE
WACHSTUMSTENDENZ

Barbara Greimel

*Diss.
München
1986*



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Fachpraxis für Kieferorthopädie
Connollystr. 4, 8000 München 40
Prof. Dr. Ingrid Janson

VERGLEICH DER AUSSAGEKRAFT DES DIAGONALWINKELS
NACH ASCHER MIT DER ANALYSE VON BJÖRK/ØDEGAARD
FÜR DIE ZU ERWARTENDE WACHSTUMSTENDENZ

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Zahnheilkunde
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Barbara Greimel
aus
Isen

München 1986

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. Ingrid Janson

Mitberichterstatter: Prof. Dr. F. Ascher

Prof. Dr. A. Stahl

Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 29. April 1986

Meinen Eltern in Dankbarkeit gewidmet

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
I. EINFÜHRUNG	1
II. LITERATURÜBERSICHT	3
1. Wachstumsstudien und empfohlene Wachstums- prognosen zum unbeeinflußten Gesichts- schädelwachstum	3
2. Wachstumsstudien zum Zeitpunkt der skelet- talen Veränderungen	11
3. Studien zum beeinflußten Wachstum speziell durch funktionskieferorthopädische Appara- turen	13
III. FRAGESTELLUNG	17
IV. EIGENE UNTERSUCHUNG	19
1. Material	19
2. Methode	20
2.1. Das Fernröntgenseitenbild	20
2.1.1. Technische Daten	20
2.1.2. Meßmethode	21
2.1.2.1. Kephalometrie nach HASUND	21
2.1.2.2. Bestimmung des Diagonalwinkels nach ASCHER	24
2.1.2.3. Wachstumsanalyse der Mandibula nach BJÖRK und ØDEGAARD	27
2.2. Die Handröntgenaufnahme	31
2.2.1. Technische Daten	31
2.2.2. Beurteilung der skelettalen Reife nach BJÖRK und HELM	31
2.3. Statistische Auswertung	33
2.3.1. Die Irrtumswahrscheinlichkeit bei statistischen Prüfverfahren	33
2.3.2. Signifikanztest bei den untersuch- ten Gruppen	34
2.3.3. Korrelationen	34

	Seite
3. Ergebnisse	35
3.1. Wachstumsanalyse und Diagonalwinkel bei Behandlungsbeginn	35
3.2. Veränderungen des Diagonalwinkels bei Behandlungsende und 5 Jahre nach Behandlungsende	37
3.3. Korrelation zwischen Diagonalwinkel und Wachstumsanalyse (Rotations- und Translationsvorhersage) mit den Veränderungen der skelettalen Variablen	37
V. DISKUSSION	39
1. Aussagen zur Wachstumsanalyse der Mandibula	39
2. Aussagen des Diagonalwinkels nach ASCHER	41
3. Vergleich zwischen Wachstumsanalyse und Diagonalwinkel	43
VI. SCHLUSSFOLGERUNG	45
VII. ZUSAMMENFASSUNG	47
VIII. LITERATURVERZEICHNIS	50
IX. ANHANG	60
Abbildungen und Tabellen	
X. DANKSAGUNG	95
XI. LEBENSLAUF	96

I. EINFÜHRUNG

Da in der Kieferorthopädie die beabsichtigten dento-alveolären Veränderungen von wachstumsbedingten Veränderungen im stomatognathen Bereich begünstigt oder behindert werden können, setzt eine erfolgreiche kieferorthopädische Behandlung von Zahn- und Gebißfehlstellungen ein Wissen über die Wachstumsvorgänge des Schädels bzw. der Kieferbasen voraus. Auch für die Einschätzung der Stabilität des Behandlungsergebnisses ist die Kenntnis der natürlichen Wachstumsvorgänge notwendig.

Neben Potential und Richtung des Wachstums ist für den Kieferorthopäden der Zeitpunkt von Interesse. Zur Beurteilung der skelettalen Reife, die als Indikator des Zeitpunktes des noch zu erwartenden Wachstums gilt, wird heute vielfach die Handröntgenaufnahme verwendet.

(BJÖRK, HELM (26), FLEISCHER-PETERS (38), LEWIS, ROCHE (68, 69).

Wegweisend für die Erstellung von Wachstumsprognosen sind zahlreiche individuelle Langzeitstudien des Gesichtsschädels (BRODIE (33-35), BJÖRK (20-25), SCHUDY (97, 98), LAVERGNE und GASSON (60-67), die mit Hilfe des von BROADBENT (31) und HOFRATH (43) 1931 eingeführten Fernröntgenseitenbildes ermöglicht wurden.

Die Vielzahl der heute verwendeten unterschiedlichen Methoden zur Wachstumsvorhersage (BJÖRK (25), RICKETTS (94), MOSS (82), HASUND (41), JOHNSTON (55), JARABAK (53), LAVERGNE und GASSON (66, 67), BJÖRK und SKIELLER (28) u.a.) deuten auch die Schwierigkeiten an, die bei einer exakten Vorhersage des Gesichtsschädelwachstums auftreten. Probleme machen hierbei vor allem

- einmal die Individualität im Aufbau des menschlichen Gesichtsschädels und
- zum anderen die noch nicht vollends bekannte Wirkung kieferorthopädischer Geräte auf das Wachstum.

Die Beeinflussung des Wachstums durch funktionskieferorthopädische Geräte wurde mit tierexperimentell-histologischen (z.B. McNAMARA (75, 76), SMITH und FROMMER (102), TOMER und HARVOLD (104), PETROVIC-STRUNTZMANN (91) und KOMPOSCH (58)) sowie mit kephalometrischen Untersuchungen (z.B. BJÖRK (19), BAUMRIND (10), WILLIAMS und MELSEN (105), JANSON (50, 51) und PANCHERZ (89)) abzuklären versucht.

Für die Indikation einer funktionskieferorthopädischen Behandlung ist bis heute die Vorhersage des individuellen Wachstumsmusters sowie die Frage, inwieweit speziell diese kieferorthopädischen Geräte Wachstum fördern oder behindern resp. lenken können, von größtem Interesse und stellt für den Kieferorthopäden die entscheidende Frage bei der Behandlungsplanung dar.

II. LITERATURÜBERSICHT

Wachstumsstudien und Wachstumsprognosen des Gesichtsschädels - eine Auswahl der wichtig erscheinenden Untersuchungen:

1. Wachstumsstudien und Wachstumsprognosen des unbeeinflussten Gesichtsschädelwachstums

Wachstumsstudien des Gesichtsskeletts basierten ursprünglich, da es keine Möglichkeit gab, das gleiche Individuum über mehrere Jahre hinweg zu beobachten, auf anthropologischen Schädeluntersuchungen (KEITH, CAMPION 1922 (56)).

Einen erheblichen Fortschritt brachte die Einführung des Fernröntgenseitenbildes und des Cephalostaten durch HOFRATH (43) und BROADBENT (31) im Jahre 1931.

Nun konnten Langzeitstudien am gleichen Individuum durchgeführt werden. Die ersten Ergebnisse darüber wurden von BROADBENT 1937 (32) veröffentlicht. Zur Überlagerung der Fernröntgenseitenbilder verwendete BROADBENT eine Referenzebene, die sog. Bolton-plane, außerhalb des Gesichtsschädels. Er fand eine Vorwärts- und Abwärtsentwicklung des Gesichtsskeletts, wobei eine der Komponenten durchaus überwiegen kann.

BRODIE (1940, 1941, 1953 (33-35)) fand in seinen Longitudinalstudien eine nach vorne und unten gerichtete Hauptwachstumstendenz. Er beschrieb die proportionale Vergrößerung der Gesichtsteile, die nach seiner Erfahrung von einer etwa ab dem 3. Monat festgelegten individuellen morphogenetischen Gesichtsstruktur abhängt.

In seinen späteren Untersuchungen hebt BRODIE insbesondere die "unendliche Variabilität" des menschlichen Gesichtsschädels hervor.

BJÖRK (1947, 1955, 1963- 1966, 1969 (18-25)) fand bei Querschnittsuntersuchungen an schwedischen Jungen, daß sich der Prognathiegrad der Mandibula im Vergleich zur Maxilla mit zunehmendem Alter verstärkt. Das Gesicht wird demnach mit zunehmender skelettaler Reife flacher resp. gerader. (LANDE 1952 (59), MEROW 1962 (78))

Genau wie BRODIE konnte BJÖRK große individuelle Variationen der Wachstumsveränderung feststellen. Mit Hilfe seiner Implantatmethode untersuchte er individuelle Wachstumsveränderungen genauer. Bei dieser Methode erfolgte die Überlagerung der Fernröntgenseitenbilder auf Tantalstiften, die in scheinbar wachstumsstabile Knochenbezirke so früh wie möglich eingesetzt worden waren. In seinen zahlreichen Studien versucht BJÖRK, die unterschiedlichen Wachstumsvorgänge in sog. Translations- und Rotationsveränderungen zu differenzieren. Dabei können von extrem horizontal bis zu extrem vertikal (Translationsaussage), von extrem anterior bis zu extrem posterior (Rotationsaussage) alle dazwischen liegenden Variationen zu finden sein.

Die Wachstumsveränderungen werden durch Remodellierungsvorgänge in Form von Resorption und Appositionen kompensatorisch, vor allem im Bereich des horizontalen Kieferastes, verdeckt. BJÖRK konnte charakteristische morphologische Strukturen basal und dentoalveolär finden, die sich als Resultat der Remodellierungsvorgänge in einem spezifischen Typ von Mandibulaveränderungen entwickeln:

1. Die Form der Kondylen
2. Der Bogen der Knochenstruktur um den Canalis mandibularis
3. Der Unterrand der Mandibula und die Dicke der Symphyse
4. Die Neigung der Symphyse

5. Der Interinzisalwinkel
6. Die Achsenstellung der Unterkiefer-Inzisivi
7. Die Achsenstellung der Molaren und Prämolaren im Unterkiefer
8. Die anteriore Gesichtshöhe.

Diese Strukturen erlauben nach BJÖRK eine Rotationsvorhersage der Mandibula aus einem Fernröntgenseitenbild (= strukturelle Methode der Wachstumsvorhersage).

Für die Rotationsvorhersage der Maxilla konnte BJÖRK bisher keine spezifischen Strukturen finden.

Neben den sich charakteristisch verändernden Strukturen der Mandibula fand er aber auch Strukturen, die während des Wachstums relativ stabil bleiben und daher zur Überlagerung von Fernröntgenseitenbildern bei Beurteilung der tatsächlich eingetretenen Rotation dienen können:

1. Äußere Corticalis-Struktur im Bereich des Pogonions
2. Innere Corticalis-Struktur an der Unterseite der Symphyse
3. Canalis mandibularis
4. Untere Struktur eines Molarenkeims nach Mineralisation der Krone und vor Ausbildung der Wurzel.

Als stabilste Struktur gaben MATHEWS und WARE 1978 (74) das Pogonion an.

RICKETTS (1957, 1960, 1972 (92 - 94))

entwickelte, ausgehend von seinen Ergebnissen früherer Untersuchungen, die besagen, daß sich die Mandibula während des Wachstums immer stärker krümmt, eine Bogenkonstruktion, entlang welcher sich das Mandibularwachstum vollziehen soll.

Die jährliche Zuwachsrate auf diesem Bogen beträgt 2,5 mm. Das Wachstumsende gab RICKETTS bei Mädchen mit 14,5 Jahren, bei Jungen mit 19 Jahren an.

MAJ und LUZI (1962, 1964 (72, 73))

fanden einen morphologischen Unterschied der Mandibula bei den verschiedenen Gesichtswachstumstypen. Der vorwiegend sagittal wachsende Typ zeigt eine kurze Mandibula; der Unterkieferkörper nimmt dabei die dominierende Stellung ein.

Bei vertikal wachsenden Typen ist die Mandibula länger, dominierend sind dabei die Rami.

Sie fanden eine positive Korrelation sowohl zwischen Gonionwinkel und Unterkieferlänge als auch zwischen Gonionwinkel und Kondylenwachstumsrichtung.

SCHUDY (1964, 1965 (97, 98))

unterteilt das mandibuläre Wachstum in eine clockwise- und counterclockwise-Rotation. Die Rotation sieht er als Resultat einer Dysharmonie zwischen vertikalem und horizontalen Wachstum.

Überwiegt das Kondylenwachstum, so rotiert die Mandibula im Gegenuhrzeigersinn (counterclockwise), die Mandibularebene wird flacher.

Überwiegt das vertikale Wachstum der Mandibula in der Molarengegend, so rotiert der Unterkiefer im Uhrzeigersinn (clockwise).

HUNTER (1970 (47))

untersuchte 1970 die Vererbbarkeit der Gesichtsdimensionen. Er fand eine hohe Korrelation zwischen den Gesichtsdimensionen von Vater und Kindern.

Auch NAKATA (1973 (84)) fand eine genetische Determination der fazialen Strukturen.

HOUSTON und BROWN (1980 (45)) dagegen widerlegten signifikante Beziehungen zwischen den Werten bestimmter craniofazialer Variablen von Eltern und Kindern.

ØDEGAARD (1970 (87, 88))

Seine Implantatstudien ergänzen die strukturelle Wachstumsprognose von BJÖRK.

Er konnte eine hohe Korrelation zwischen der Größe des Gonionwinkels und der Wachstumsrichtung der Kondylen feststellen:

Ein posteriores Kondylenwachstum ist mit einem großen Kieferwinkel, ein vertikales Kondylenwachstum mit einem kleinen Kieferwinkel verbunden.

Die Korrelation zwischen Gonionwinkel, Kondylenneigung und Rotationsrichtung der Mandibula wurde von KOEPPE 1973 (57) bestätigt.

HASUND (1973 (41))

bezieht den Nordervallwinkel als Ausdruck der Symphysenneigung und den Gesichtsindex zur Beurteilung der anterioren Untergesichtshöhe in die Wachstumsprognose von BJÖRK mit ein.

Die dentoalveolären Kriterien von BJÖRK empfiehlt er wegzulassen, da BJÖRK seine Untersuchungen an Klasse I-Fällen durchführte und diese Kriterien somit die Aussage bei Malokklusionen verschleiern würden.

HASUND faßt die Wachstumskriterien zusammen mit dem Kieferwinkel nach ØDEGAARD in einem Punkteschema zusammen, mit dem Rotation und Translation beurteilt werden können. (Tab. II)

Die Korrelation der Wachstumsanalyse mit der tatsächlichen Unterkieferrotation gab BISCHOFF 1980 (16) mit 0,57 an.

Zur Vereinfachung der Vermessung der Fernröntgenseitenbilder führte HASUND ein computergesteuertes Verfahren ein, das WINGBERG 1984 (106) beschrieben hat.

JOHNSTON (1975 (55))

Bei der von ihm entworfenen Wachstumsprognose werden mit Hilfe eines Netzkoordinatensystems bestimmte Punkte um eine bestimmte Zahl von Einheiten in einer vorgegebenen durchschnittlichen Wachstumsrichtung verschoben. Das Alter wird dadurch berücksichtigt, daß je nach Alter um verschiedene Einheiten verschoben wird.

JARABAK (1975 (53))

Die Voraussage der Rotationsrichtung der Mandibula erfolgt nach JARABAK durch die Beurteilung des Verhältnisses zwischen hinterer und vorderer Gesichtshöhe:

Bei einer neutralen Wachstumstendenz beträgt das Gesichtshöhenverhältnis 62%. Den Gonionwinkel unterteilt JARABAK in einen unteren GO_2 und einen oberen GO_1 -Teil. Ist GO_1 groß, so kann ein Wachstum im Gegenuhrzeigersinn erwartet werden.

SEVINC fand 1980 (96) eine negativ signifikante Korrelation zwischen dem Gesichtshöhenverhältnis und dem Kieferwinkel.

LULLA und GIANELLY (1976 (71))

untersuchten den Zusammenhang zwischen Mandibularebenenwinkel und der Position des Pogonions, zwischen denen BERGERSEN 1966 (13) bereits eine Korrelation feststellte.

Erst bei einer Winkelzunahme von $6-7^\circ$ konnten sie ein Schwenken des Pogonions in eine posteriore Richtung feststellen.

Die Lage des Pogonions bzw. das sagittale Wachstum der Unterkiefersymphyse wird nach Studien von ROSENSTEIN 1970 (100) durch Extraktion beeinflusst.

Der Mandibularebenenwinkel erhält auch durch das Kondylenwachstum eine Beeinflussung. Ein stark vertikales Kondylenwachstum und ein geringes vertikales Alveolarfortsatzwachs-

tum bewirken einen geringen Mandibularebenenwinkel (ISAACSON 1971 (48)).

LAVERGNE und GASSON (1976, 1977, 1982 (60-67)) untersuchten, aufbauend auf die Implantatstudien von BJÖRK, das maxilläre und mandibuläre Rotationsverhalten. Die Rotation von Maxilla und Mandibula zeigt in der ersten Wachstumsphase jährliche Variationen sowohl bezüglich der Richtung als auch bezüglich der Intensität. In der zweiten Wachstumsphase bleibt die Richtung konstanter. Gewöhnlich überschreitet in dieser zweiten Wachstumsphase auch das Wachstum des Unterkiefers das des Oberkiefers. Daher weist der Durchschnittstyp eine mehr anteriore Rotation auf.

Eine stabile vertikale Kieferbeziehung entsteht nur bei gleicher Rotationsrichtung von Maxilla und Mandibula. Übereinstimmend mit BJÖRK und ØDEGAARD fanden sie einen Zusammenhang zwischen Kondylenwachstum, Gonionwinkel und Rotationsform.

1982 entwickelten LAVERGNE und GASSON, basierend auf ihren Implantatstudien, eine morphogenetische Analyse von Malokklusionen, mit deren Hilfe die Rotationsrichtung vorherbestimmt werden kann. Die Rotationsvorhersage basiert dabei auf der Annahme, daß das bereits abgelaufene Wachstum in der jetzt bestehenden Morphologie reflektiert wird. Die Grenzen und die Möglichkeiten dieser Analyse versucht HOLSTEIN 1984 (44) zu erläutern.

BURDACH-BERGER und WITT (1977 (36))

beschreiben eine Methode der Rotationsvorhersage des Unterkiefers, die auf der Vererbbarkeit bestimmter Gesichtsstrukturen basiert:

Das Fernröntgenbild des Elternteils, der die ähnlichere Symphyse zum Kind aufweist, wird mit dem Fernröntgenbild des Kindes zur Überlagerung gebracht.

Die Prognose wird durch den Winkel, den die NS-Linien einschließen, bestimmt.

Sie stellten eine korrekte Vorhersage der Unterkieferrotation in 72% der Fälle fest.

JENATSCHKE (1977 (54))

überprüfte den klinischen Wert der strukturellen Wachstumsprognose von BJÖRK in Bezug auf die skelettalen Variablen. Die Verwendung sämtlicher Kennzeichen gibt nach JENATSCHKE nur für einige vertikale Variablen eine aussagekräftige Prognose.

DURLAK UND WITT (1980 (37))

versuchen, um subjektive Einflüsse bei der Beurteilung der Symphyse bei der strukturellen Wachstumsanalyse von BJÖRK auszuschalten, durch eine metrische Erfassung der vertikalen und sagittalen Symphysenausdehnung die Prognose zu objektivieren. Sie konnten jedoch weder mit der herkömmlichen noch mit der von ihnen entwickelten Methode signifikante Korrelationen zur tatsächlichen Rotation feststellen.

BRIN (1982 (30))

konnte bei einer Untersuchung über den Zusammenhang zwischen Mandibularrotation und Molarenokklusion in der Sagittalen keine signifikanten Korrelationen feststellen, d.h. eine Distalokklusion muß nicht Folge einer posterioren Rotationsrichtung der Mandibula sein.

SKIELLER und BJÖRK (1984 (101))

Überprüften mit ihren Untersuchungen die Rotationsvorhersage der Mandibula auf der Basis morphologischer Kriterien bei Kindern ohne kieferorthopädische Behandlung.

Die tatsächlich eingetretene Rotation wurde mit Hilfe von Metallimplantaten überprüft.

Den besten prognostischen Wert mit 86% zeigte die Voraussage aus der Mandibularinklination, dem Intermolarenwinkel, der Form des Mandibulaunterrandes und der Neigung der Symphyse.

Die Mandibulainklination wird hierbei bestimmt durch den Gesichtsinde

$$\left(\frac{S - tgo}{N - Gn} \times 100\% \right),$$

den unteren Gonionwinkel ($N - tgo - ML_2$) und der Neigung des Mandibulaunterrandes ($NSL - ML$).

62% der Variabilität der Mandibularrotation konnte durch diesen Gesichtsinde erklärt werden.

2. Wachstumsstudien zum Zeitpunkt der skelettalen Veränderungen

BJÖRK und Mitarbeiter (1967, 1971, 1977 (26, 42, 27, 28))

Die zeitlichen Schwankungen des Wachstums (NANDA 1955 (85), BAMBHA 1963 (9), BJÖRK 1966 (23)) versuchte BJÖRK 1971

zusammen mit seinen Mitarbeitern HELM und SKIELLER durch Einführung der Handröntgenaufnahme zu charakterisieren.

Die Hand dient dabei als Maß der skelettalen Reife:

Man unterscheidet acht Reifestadien, wobei die zunehmende Verschmelzung der Epiphysenfugen der Phalangen von Zeige- und Mittelfinger, sowie die Ossifikation des ulnaren Sesamoids des Daumens als Beurteilungsmaßstab dienen.

(Vgl. Abb. V)

Die Beziehungen zwischen den Reifestadien der Hand und dem maximalen pubertalen Wachstum der Körpergröße wurden folgendermaßen angegeben:

PP ₂ -Stadium	≈ 58%	der max. Wachstumsrate der Körpergröße
MP ₃ -	"-"	≈ 74%
S -	"-"	≈ 85%
MP _{3cap} -	"-"	≈ 89%
DP _{3u} -	"-"	≈ 42%
PP _{3u} -	"-"	≈ 26%
MP _{3u} -	"-"	≈ 16%

Auch FLEISCHER-PETERS stellt 1982 (38) die Bedeutung der Handröntgenaufnahme als Orientierungshilfe für die Voraussage des Wachstumsspurts heraus.

Als weiteres Reifekriterium wird bei Mädchen die Menarche verwendet, die immer nach dem Wachstumsmaximum eintritt (LEWIS, ROCHE 1972, 1982 (68, 69)).

Das Zahnalter dagegen ist kein Indikator der skelettalen Reife; ebensowenig das chronologische Alter (HUNTER 1966, BERGERSEN 1972) und die Körpergröße (BISHARA 1981, JAMISON 1982).

Der Wachstumsspurt zeigt geschlechtsspezifische Unterschiede. Bei Jungen ist er im Durchschnitt größer und 2 Jahre später als bei Mädchen (LEWIS, ROCHE 1972, 1982 (68, 69), SHELDON, ROSENSTEIN 1970 (100, NANDA 1955 (85))).

Das Wachstumsmaximum der Körpergröße erfolgt in der Regel vor dem der Mandibula (NANDA 1955 (85)).

HUNTER (46) dagegen glaubte, die Wachstumsmaxima seien zeitlich identisch.

3. Beeinflußtes Wachstum durch die Funktions- kieferorthopädie

Die Wirkung der Funktionskieferorthopädie auf Wachstumsveränderungen im kindlichen Gesichtsskelett wurde von zahlreichen Autoren untersucht (z.B. MÜLLER 1960 (83), JANSON 1977, 1979, 1982 (49 - 51), WILLIAMS, MELSEN 1982 (105), BAUMFIND 1983 (10).

Ob die Funktionskieferorthopädie neben dentoalveolären auch skelettale Veränderungen im Sinne einer Vorverlagerung der Mandibula hervorrufen kann, läßt sich aus den in der Literatur angegebenen Theorien jedoch noch immer nicht eindeutig bejahen.

Ein gewisser Einfluß der Funktion auf den orofazialen Bereich gilt heute aber als unumstritten.

BJÖRK 1951 (19))

stellte im skelettalen Bereich keine Veränderung der natürlichen Wachstumsvorgänge durch eine Behandlung mit dem Aktivator fest. Er schreibt dem Aktivator demnach nur dentale Wirkung zu. Eine über das natürliche Wachstumspotential hinausgehende Vorverlagerung des Unterkiefers nach funktionskieferorthopädischer Behandlung ist nach der Meinung von BJÖRK keineswegs stabil und nur eine therapeutisch erzwungene muskuläre Adaptation. Das Rezidiv stellt sich bereits während der Retentionszeit wieder ein.

Für ASCHER (1961, 1964, 1971, 1972, 1973, 1975, 1976 (1-8) ist die Funktion "die beherrschende Macht im Mundhöhlenbereich". Um bei einer Änderung der Bißart ein Rezidiv zu vermeiden, ist daher immer eine Anpassung des Funktionsmusters nötig.

In dem von ihm eingeführten Diagonalwinkel sieht ASCHER ein Merkmal für das sog. "ästhetische und kaufunktionelle Optimum", dem individuellen Behandlungsziel für den Patienten. Im Endstadium der Gebißentwicklung und nach Einspielen der Funktion sollte dieser Winkel einen Wert von 45° betragen, falls dieses individuelle Behandlungsoptimum erreicht ist.

Jede Abweichung des Winkels vom Sollwert von 45° nach Abschluß der Gebißentwicklung ist möglicherweise ein Auslöser von Störfeldern in gnathologischer Sicht. Wechselgebisse, deren Diagonalwinkel nicht weit von 45° entfernt sind, zeigen nach ASCHER eine wahrscheinlich günstige Reaktionsweise auf die Behandlung mit einem funktionskieferorthopädischen Gerät.

Aufgrund von Nachuntersuchungen bei mit dem Bionator behandelten Kindern konnte ASCHER außerdem feststellen, daß bei einem Wert des Diagonalwinkels $> 53^\circ$ ein Vertikalwachstum des Unterkiefers mit einer posterioren Rotation stattfindet. Die Leistungsgrenze der Funktionskieferorthopädie, bei der kein horizontales Wachstum durch "Enthemmung" mehr erwartet werden kann, liegt nach ASCHER daher bei einem Winkel $\geq 53^\circ$.

Untersuchungen von RITZKAT, STEGER und SEEHOLZER 1975 (95) zeigten, daß bei 80% der untersuchten Kinder, die erfolgreich mit dem Bionator behandelt wurden, der Diagonalwinkel bei Behandlungsbeginn $> 45^\circ$ war; bei 8% betrug er 45° , bei 12% war er $< 45^\circ$. Nur in 8% der Fälle wurde ein Endwinkel von 45° erreicht.

MOSS (1969, 1970, 1974 (80 - 82))

stellt die primäre Rolle einer funktionellen Matrize für das Gesichtswachstum heraus. Für die Mandibula stellt der Nervus alveolaris inferior die funktionelle Matrize dar.

Das Wachstum der Mandibula stellt MOSS als logarythmische Kurve dar. Die funktionelle Matrize soll dabei eine aktive Größenzunahme (= Transformation) der Skeletteile bewirken.

In einer tierexperimentellen Untersuchung zeigten BEHRENTS und JOHNSTON 1984 (11), daß der Trigemini­snerv zwar einen trophischen Einfluß auf den craniofazialen Komplex ausübt, jedoch nicht den Hauptfaktor der Gesichtswachstumsregulation darstellt.

Auch BJÖRK und SKIELLER (1983 (29)) betrachten die knöchernen Strukturen und die sie bedeckenden Weichteile (= Matrize) als unabhängige Gewebesysteme, die sich unabhängig voneinander entwickeln.

McNAMARA (1976, 1980, 1981 (75- 77)

zeigte wiederum durch tierexperimentelle Untersuchungen an Rhesusaffen den Zusammenhang zwischen Form und Funktion im orofazialen Bereich auf. Eine Änderung der Muskelaktivität, die durch ein funktionskieferorthopädisch-ähnliches Gerät ausgelöst wurde, rief eine Änderung des Kondylenwachstums hervor. Bei ausgewachsenen Tieren konnte er nur Anpassungen im dentoalveolären Bereich feststellen.

1981 demonstrierte McNAMARA den Einfluß einer behinderten Nasenatmung auf das craniofaziale Wachstum.

Diese Aussage konnte schon 1970 von LINDER-ARONSON (70) in einer großangelegten Studie bei Kindern vor und nach Adenodektomie unter Beweis gestellt werden.

Die Bedeutung der Funktion für die Gesichtsmorphogenese wurde weiterhin von mehreren Autoren mit Hilfe von tierexperimentellen Untersuchungen herausgestellt (SMITH, FROMMER 1980 (102), TOMER, HARVOLD 1982 (104), PIMENIDIS, GIANELLY 1972 (90), BERNABEI, JOHNSTON 1978 (15)).

PANCHERZ (1984 (89))

untersuchte an 30 Patienten, die erfolgreich mit dem Aktivator behandelt wurden, den Mechanismus der Veränderung der Okklusion in anteroposteriorer Richtung.

Die Verbesserung der Okklusion im Molaren- und Schneidezahnbereich resultiert nach seinen Aussagen zu gleichen Teilen aus skelettalen und dentalen Veränderungen. Die gefundenen sagittal-skelettalen Veränderungen der Mandibula wurden jedoch als normale Wachstumsveränderungen erkannt.

Die Wirkung des Aktivators besteht nach PANCHERZ also in:

1. Hemmung des Oberkieferwachstums
2. Distalisierung der Molaren und Inzisivi des Oberkiefers
3. Mesialisierung der Molaren und Inzisivi des Unterkiefers.

III. FRAGESTELLUNG

Das zu erwartende natürliche Wachstum bei Kindern, die mit einem funktionskieferorthopädischen Gerät, hier Bionatormodifikation nach ASCHER (2,3) behandelt werden sollen, stellt für den Kieferorthopäden eine entscheidende Frage bei der Behandlungsplanung dar.

Die vorliegende Arbeit soll die bei der kieferorthopädischen Behandlungsplanung zur Anwendung kommende strukturelle Wachstumsanalyse nach BJÖRK und ØDEGAARD und den Diagonalwinkel nach ASCHER auf ihre Aussagekraft bezüglich dieser Wachstumsvorhersage überprüfen.

Dabei wird auf folgende Fragestellung Bezug genommen:

1. Welche Werte zeigen die strukturelle Wachstumsanalyse und der Diagonalwinkel zu Behandlungsbeginn, zu Behandlungsende und 5 Jahre nach Abschluß der Behandlung bei Patienten, bei denen primär eine Kl. II-Malokklusion mit distaler Relation der Kieferbasen vorlag, und die
 - entweder nur mit dem funktionskieferorthopädischen Gerät Bionator behandelt wurden (Gruppe I)
 - oder
 - die nach der Bionator-Behandlung mit Zusatzgeräten wie Headgear und Multiband-Apparaturen versorgt werden mußten.
2. Unterscheiden sich Wachstumsanalyse und Diagonalwinkel zu Behandlungsbeginn bei differenzierter Betrachtung in Abhängigkeit der skelettalen Reife.
3. Bestehen Korrelationen zwischen den Anfangswerten des Diagonalwinkels bzw. der strukturellen Wachstumsanalyse und den Veränderungen der skelettalen Variablen, die am Fernröntgenseitenbild bei Behandlungsende bzw.

5 Jahre nach Behandlungsende gemessen werden konnten (hier nach der kephalometrischen Auswertung von HASUND).

IV. EIGENE UNTERSUCHUNG

1. Material

Das Patientengut für die vorliegende Untersuchung stammt aus der kieferorthopädischen Fachpraxis von Frau Prof. Dr. Ingrid Janson in München.

Die ausgewählten 58 Probanden gehörten primär zu einer Gruppe von 134 Patienten mit dem kieferorthopädischen Befund: Klasse II-Malokklusion, die mit dem Bionator nach BALTERS in einer Modifikation nach ASCHER (2, 3) vorpubertär und pubertär behandelt wurden.

Von diesen Patienten mußten 99 zum Erreichen des individuell optimalen Behandlungszieles mit einer Zusatzbehandlung versorgt werden:

- Bei 6 Patienten kamen extraorale Geräte in Kombination mit dem Bionator,
- bei den restlichen 93 Patienten kam eine Multiband-apparatur mit Headgear zur Anwendung.

Von diesen 99 Patienten mit Zusatzbehandlung konnten 32 nachuntersucht werden.

Von den 35 Patienten, bei denen allein der Bionator zur Erreichung des Behandlungsziels ausreichte, konnten 26 ca. 5 Jahre nach Retentionsende nachuntersucht werden. Zu diesem Zeitpunkt zeigten beide Gruppen eine stabile gesicherte Neutralokklusion der Zahnreihen und einen moderaten sagittalen und vertikalen Überbiß.

Von den untersuchten Patienten standen jeweils drei Fernröntgenseitenbilder zur Verfügung:

1. zu Behandlungsbeginn,
2. zu Behandlungsende und
3. 5 Jahre nach Behandlungsende.

Die reine Bionatorgruppe (26) umfaßte 17 Mädchen und 9 Jungen.

Die Vergleichsgruppe (32) umfaßte 17 Mädchen und 15 Jungen.

Eine differenzierte Betrachtung des Geschlechtsunterschiedes erschien nicht angezeigt.

Neben der Behandlungsart erfolgte eine weitere Differenzierung der Patienten nach der skelettalen Reife zu Behandlungsbeginn. Die skelettale Reife wurde mit Hilfe von Handröntgenaufnahmen ermittelt.

Somit standen sechs Gruppen zur Untersuchung an: (Tab. I)

1. Bionatorgruppe - Vorpubertär
2. Bionatorgruppe - Pubertär
3. Vergleichsgruppe - Vorpubertär
4. Vergleichsgruppe - Pubertär
5. Bionatorgruppe - Vorpubertär und Pubertär
6. Vergleichsgruppe - Vorpubertär und Pubertär

2. Methode

2.1. Fernröntgenseitenbild

2.1.1. Technische Daten

Röntgengerät: Orthopantomograph-Cephalostat der Fa. Siemens

Der Cephalostat dient zur Fixierung des Kopfes des Patienten, was eine bessere Standardisierung der Röntgenaufnahmen gewährleistet.

Hilfselemente des Cephalostaten sind zwei in den Gehörgang eingeführte Oliven und ein Kunststoffteil, das vom kranialen Teil der Kopfhalterung ausgeht und am Übergang des Nasenrückens zur Stirn abgestützt wird.

Aufnahmezeit : 1 Sekunde im Stadium der Ausatmung

Aufnahmestrom: 15 mA

Röntgenröhre: SR 90 - 15 SN

Röntgenfilm: Cronex-Dupont; Rubinfolienverstärkung

Abstand Filmkassette-Mediansagittalebene des Kopfes: 0,18 m

Abstand Mediansagittalebene des Kopfes-Brennpunkt der
Röhre: 1,5 m

2.1.2. Meßmethode

Von jedem Patienten sollten je drei Fernröntgenseitenbilder (Behandlungsbeginn, Behandlungsende und 5 Jahre nach Behandlungsende) nach den Empfehlungen von HASUND (41) und ASCHER (6-8) durchgezeichnet und ausgewertet werden.

In Anlehnung an die strukturellen Analysen von BJÖRK (25) und ØDEGAARD (87, 88) wurde am Fernröntgenseitenbild zu Behandlungsbeginn eine Wachstumsanalyse durchgeführt.

Als Hilfsmittel bei der Durchzeichnung der Fernröntgenseitenbilder dienten:

- Leuchtkasten
- Acetatfolie (18/24) und Klebestreifen (Tesakrepp)
- Bleistift Pentel-Japan 0,3 mm 4H
- Dreieck mit Millimetereinteilung (Linex)
- Winkelmesser Halb-Grad-Einteilung (Linex)
- Tracing Template mit Schneidezahnkontur der
Fa. interUnitek

2.1.2.1. Kephalometrie nach HASUND (41)

Das Fernröntgenseitenbild wurde entsprechend den von HASUND 1973 gegebenen Empfehlungen für die Durchzeichnungstechnik mit dem Profil nach rechts orientiert. Die Punkte Nasion und Sella liegen dabei immer auf einer Geraden, die vorher im Abstand von 10 cm vom oberen schmalen Rand

der Acetatfolie eingezeichnet wird. Für die Position von Nasion auf der Geraden wird dabei ein Abstand von 5 cm vom rechten Folienrand eingehalten.

Die bei der Durchzeichnung verwendeten Referenzpunkte wurden nach den von HASUND et al. 1973 beschriebenen Definitionen bestimmt (Abb. I):

1. N = Nasion
= der am weitesten anterior gelegene Punkt der sutura naso-frontalis. Bei vorne offener v-förmiger Form der Sutur gilt das kranio-ventrale Ende des Os nasale als Referenzpunkt.
2. S = Sella
= Zentrum der Knöchernen Krypte der Sella turcica.
3. Ba= Basion
= der am weitesten inferior und posterior gelegene Punkt des Clivus. Das Auffinden der Kompaktaspitze des Clivus bereitet manchmal Schwierigkeiten. Man bedient sich dann einer Hilfskonstruktion, indem man eine Gerade durch die Spongiosaspitze des Clivus und den Sella-Punkt legt.
4. Sp= Spina nasalis anterior
= der am weitesten anterior gelegene Punkt der Spina nasalis anterior
5. A = Maxilla Apikalpunkt
= tiefster Punkt der ventralen Kurvatur des Oberkieferknochens im Übergang zum Alveolarfortsatz. Er wird durch Parallelverschiebung einer durch die Punkte Sp und Prosthion (= marg. Knochensaum) definierten Gerade konstruiert.
6. B = Mandibula Apikalpunkt
= tiefster Punkt der ventralen Kurvatur des Unterkieferknochens im Übergang zum Alveolarfortsatz.

Er wird durch Parallelverschiebung einer durch die Punkte Pg und Prosthion (= marginaler Knochensaum) definierten Gerade konstruiert.

7. Pg= Pogonion

- = ventralster Tangentenpunkt der Unterkiefersymphyse. Er wird mit Hilfe der Tangente bestimmt, die senkrecht zur N-S-Linie und parallel zum Bildrand von ventral an die Unterkiefersymphyse geschoben wird.

Bei posteriorer Lage des Kinns ergibt sich dabei allerdings kein Tangentenpunkt, sondern eine Tangentiallinie. Dies kann bei Winkelmessungen problematisch werden.

8. Gn= Gnathion

- = kaudalster Tangentenpunkt der Unterkiefersymphyse. Er wird durch eine Gerade bestimmt, die durch Parallelverschiebung zur N-S-Linie von kaudal her die Unterkiefersymphyse tangiert.

9. Pm= Pterygomaxillare

- = Schnittpunkt der dorsalen Kontur des Oberkieferknochens mit der Kontur des harten und weichen Gaumens im Bereich des nach vorne einstrahlenden Schattens der Fossa pterygopalatina.

10. Ar= Articulare

- = Schnittpunkt der Kontur der äußeren Schädelbasis mit dem dorsalen Rand des aufsteigenden Unterkieferastes.

11.tgo= Goniontangentenpunkt

- = Schnittpunkt einer Tangente durch Gnathion und kaudalsten Rand des horizontalen Unterkieferastes im Angulusbereich mit einer Tangente durch Articulare und dorsalsten Rand des aufsteigenden Unterkieferastes im Angulusbereich.

Die Vermessung des Fernröntgenseitenbildes erfolgte auf einem durchleuchtungsfähigen Digitizer (Hipad 11A der Fa. Houston Instrument). Die Durchzeichnungen wurden fixiert und die Referenzpunkte durch Abtasten des Magnetfeldes des Digitizers mittels einer kleinen Spule in einer Speziallupe in Koordinaten umgewandelt. Die Koordinaten wurden anschließend in einem angeschlossenen Kleincomputer (Apple IIe) durch ein Programm, das Strecken und Winkel der Bergen-Analyse nach HASUND berechnet, vermessen. Dieses Verfahren wurde von WINGBERG 1984 (106) beschrieben.

Die für die vorliegende Arbeit wichtigen Winkel und Strecken wurden für jeden Patienten in einen Erhebungshogen eingetragen (Tab. II).

2.1.2.2. Bestimmung des Diagonalwinkels nach ASCHER (6-8)

Für die Konstruktion des Diagonalwinkels nach ASCHER mußten die Fernröntgenseitenbilder der Patienten noch einmal durchgezeichnet werden. (Abb. II)

Um den Fehler der Werte möglichst gering zu halten, wurden die Bilder im Abstand von einer Woche noch einmal durchgezeichnet. Beim Abweichen der Werte um 1° wurde der Mittelwert genommen; bei größeren Abweichungen erfolgte eine erneute Vermessung.

Die verwendeten Hilfsmittel sind bereits unter 2.1.2 aufgezählt worden. Die für die Konstruktion wichtigen Referenzpunkte und Referenzlinien richten sich nach den von A.M. SCHWARZ 1958 (99) und ASCHER 1975 (7) beschriebenen Definitionen und sind in Abb. II dargestellt.

Skelettale Referenzpunkte:

1. spa=Sp = Spina nasalis anterior (vgl. S. 22)
2. spp=Pm = Spina nasalis posterior (vgl. S. 23)
3. pgo = knöchernes Pogonion
= vorderster Punkt des Unterkieferkörpers
4. Gn = Gnathion
= tiefster Punkt der knöchernen Kinnrundung
5. O = Augenpunkt
= tiefster Punkt der knöchernen Begrenzung der Orbita
6. Por = Porion
= höchster Punkt des porus acusticus externus
7. P' = P'-Punkt
= Schnittpunkt des Lotes vom Pogonion auf die Oberkiefergrundebene SpP (vgl. unten) mit der Tangente an den horizontalen Unterkieferast (MT₁; vgl. unten)
8. K' = K'-Punkt
= Schnittpunkt einer Parallelen zur Oberkiefergrundebene durch das Kondylare (= kranialster Punkt des Kieferköpfchens) mit der Tangente des aufsteigenden Unterkieferastes (MT₂) (vgl. unten).
Bei undeutlichen Röntgenbildern, bei denen das Kieferköpfchen nicht zu erkennen ist, kann man nach den Untersuchungen von ASCHER 1976 (8) K' bestimmen durch:
 - a) den Schnittpunkt der Tangente an den aufsteigenden Unterkieferast (MT₂) mit der Frankfurter Horizontalen (vgl. unten) oder
 - b) den Schnittpunkt der Tangente an den aufsteigenden Unterkieferast (MT₂) mit dem verlängerten geradlinig verlaufenden Clivusschatten.

9. pm = protuberantia masseterica
= tiefster Punkt der Ansatzfläche des Masseter-
muskels am horizontalen Unterkieferast.

Referenzlinien:

1. FH = Frankfurter Horizontale
= Verbindungslinie des unteren knöchernen Orbita-
randes (O) mit dem Porion (Por.).
2. SpP = Oberkiefergrundebene (Spinaebene)
= Verbindungslinie der Spina nasalis anterior
und posterior.
Da die Spitze der Spina nasalis anterior nicht
selten nach oben oder unten abweicht, läßt sich
die Spinaebene durch den gewöhnlich gerade ver-
laufenden Schatten des Nasenbodens zuverlässi-
ger bestimmen. Ist der Nasenboden eindeutig ab-
gebildet, gibt in Zweifelsfällen sein Verlauf
die Spinaebene wieder.
3. MT₁ = untere Tangente des Unterkieferkörpers durch
das Gnathion (Gn) und der protuberantia masse-
terica (pm).
4. MT₂ = Tangente an den aufsteigenden Unterkieferast
oberster Bezugspunkt ist der hinterste Punkt
des Kondylus.
5. MM-S = Maxilla-Mandibula-Senkrechte
= Senkrechte vom Pogonion (pgo) auf die Spina-
ebene (SpP)
6. K'-P' = Diagonale
= Verbindungslinie zwischen dem Punkt K' und dem
Punkt P'. Die Diagonale schließt mit der Ober-
kiefergrundebene den DIAGONALWINKEL ein.

2.1.2.3. Wachstumsanalyse der Mandibula

Am ersten Fernröntgenseitenbild der Patienten sollte zur Beurteilung der noch zu erwartenden wachstumsbedingten Veränderungen des Unterkieferkörpers eine strukturelle Analyse der Mandibula in Anlehnung an die von BJÖRK (20-25) und ØDEGAARD (87, 88) gefundenen Ergebnisse durchgeführt werden. Dazu dienten sechs Kriterien: (Abb. IIIa u. b)

1. Form der Kondylen
2. Verlauf des Canalis mandibularis
3. Unterrand der Mandibula mit Symphyse
4. Neigung der Symphyse
5. anteriore Untergesichtshöhe
6. Kieferwinkel

Die ersten fünf Kriterien wurden von BJÖRK, der letzte Punkt von ØDEGAARD angegeben.

Zur Beurteilung der Einzelkriterien diene ein von HASUND empfohlenes Schema, das von WINGBERG 1984 (106) publiziert wurde. (Abb. III a u. b)

Hierbei unterliegen die ersten drei Kriterien "Form der Kondylen", "Verlauf des canalis mandibularis" und "Unterrand der Mandibula mit Symphyse" der subjektiven Beurteilung des Behandlers. Um den Fehler möglichst gering zu halten, wurden sie daher von zwei Personen getrennt durchgeführt, anschließend verglichen und eine gemeinsame Bewertung aufgestellt.

Positive und negative Graduierungen halfen die jeweilige Ausprägung des Merkmales zu charakterisieren. Der Bewertungsmaßstab reichte von maximal drei "+" bis drei "-" Zeichen. (Abb. IIIa)

Diese "+"- und "-"-Graduierungen der Merkmale werden bei der Auswertung über die Art der zu erwartenden wachstumsbedingten Mandibularveränderungen Auskunft geben. Diese

Veränderungen bedingen:

- einmal eine Vergrößerung der Mandibula, die am zweidimensionalen Fernröntgenseitenbild in der sagittalen (horizontalen) und vertikalen Ebene beschrieben wird (= Translation),
- zum anderen eine Veränderung der Lage der Mandibula, die in anteriorer Richtung - gegen den Uhrzeigersinn - bzw. in posteriorer Richtung - im Uhrzeigersinn - abläuft (= Rotation).

Die natürliche wachstumsbedingte Veränderung wird im Mittel in der Weise erwartet, daß eine leichte horizontale Translation (1+) und eine leichte anteriore Rotation (1+) der Mandibula eintritt. Beides kann mit zur gewünschten Begradigung des Gesichtsprofils vom Kindes- zum Erwachsenenalter führen.

Um die Grenzwerte besser zu differenzieren, kam folgender Bewertungsmaßstab zur Anwendung (Abb. IIIc):

1. Anteriore Rotationstendenz: +3 bis +18
2. Neutrale Rotationstendenz: +0 bis + 2
3. Posteriore Rotationstendenz: -1 bis -18

Eine anteriore Rotationsrichtung kann nach den Implantatstudien von BJÖRK 1963 und 1969 erwartet werden:

- Bei einem nach oben vertikal oder nach vorne abgelenkten Kondylus
- Bei ausgeprägter Krümmung des Canalis mandibularis
- Bei Knochenapposition unterhalb der Symphyse bzw. Resorption im Kieferwinkelbereich.

Eine posteriore Rotationsrichtung ist zu erwarten:

- Bei einem nach distal gebogenen Kondylus
- Bei einem geraden Verlauf des Canalis mandibularis

- Bei Knochenresorption unterhalb der Symphyse bzw. Apposition im Bereich des Kieferwinkels.

Die Punkte 3 bis 6 der Wachstumsanalyse "Neigung der Symphyse", "Anteriore Untergesichtshöhe" und "Kieferwinkel" wurden mit Hilfe der computergesteuerten Fernröntgenseitenbildanalyse aus den Meßwerten der Variablen "N-Winkel", "Index" und "Gn-tgo-Ar" berechnet. Die "+" und "-" Graduierungen richteten sich dabei nach den von HASUND empfohlenen Werten, basierend auf der Spannweite der einzelnen Variablen (Abb. III'b).

Nach Eingabe der Werte für die ersten drei Kriterien in den Computer bildete dieser die Bewertungen für die letzten drei Kriterien und gab dann die Summe aller "+" und "-" Zeichen an.

Die Differenz der positiven und negativen Bewertungen aller sechs Kriterien zeigt die "Rotationstendenz" in Bezug auf das zu erwartende Wachstum an:

- Bei anteriorer Rotation überwiegen die "+" Zeichen,
 - Bei posteriorer Rotation überwiegen die "-" Zeichen.
- Je mehr "+" bzw. "-" Werte gefunden werden, desto stärker wird eine Rotation in der betreffenden Richtung erwartet (Abb. IIIc).

Die Summe der Bewertungen für die Punkte 1 und 6 der Wachstumsanalyse "Form der Kondylen" und "Kieferwinkel" gibt einen Hinweis auf die zu erwartende Translationsrichtung der Mandibula. Überwiegen die "+" Zeichen, so ist eine horizontale Translation zu erwarten. Bei Überwiegen der "-" Zeichen ist mit einer vertikalen Translation zu rechnen (Abb. IIIc).

Überlagerung (Rotationsgrad) der Mandibula

Zur Überprüfung der tatsächlich eingetretenen Rotationsrichtung der Mandibula während der Wachstumszeit des jeweiligen Probanden mußte der Rotationsgrad nach der Methode von BJÖRK (25) bestimmt werden (Abb. IVa, IVb).

Dazu wurden die Fernröntgenseitenbilder bzw. die Durchzeichnungen des 1. und 2. bzw. 1. und 3. Röntgenbildes jedes Patienten auf den ersten drei der vier von BJÖRK (25) beschriebenen Referenzstrukturen zur Überlagerung gebracht. Diese Referenzstrukturen, die während des Wachstums weitgehend Stabilität zeigen, sind:

1. Die äußere Kortikalis der Symphyse im Bereich des Pogonions.
2. Der Verlauf der inneren Kortikalis des unteren Teiles der Symphyse.
3. Der Verlauf der Kompakta des Canalis mandibularis im Bereich des Kieferwinkels.
4. Die untere Begrenzung eines unteren Molarenkeimes, bei dem die Wurzeln noch nicht ausgebildet sind, aber die Krone bereits mineralisiert ist.

Der vierte Punkt konnte wegen der langen Beobachtungszeit nicht verwendet werden.

Der Winkel zwischen den N-S-Linien der Durchzeichnungen stellt den tatsächlichen Rotationsgrad (= "ß-Winkel" nach BISCHOFF (16)) der Mandibula dar:

- Ist der Winkel zur Sella hin offen, ist eine anteriore Rotation eingetreten (Abb. IVa).
- Ist der Winkel zum Nasion hin offen, ist eine posteriore Rotation eingetreten (Abb. IVb).

2.2. Handröntgenaufnahme

2.2.1. Technische Daten

Röntgengerät: Orthoceph (Fa. Siemens)
Filmkassette: 18 x 24 mm
Aufnahmespannung: 60 kV
Aufnahmezeit: 0,4 sek.
Film: Cronex-Dupont; Rubinfohlenverstärkung

2.2.2. Beurteilung der skelettalen Reife nach BJÖRK und HELM (26)

Mit Hilfe der Handröntgenaufnahme wurde die skelettale Reife der Patienten bei Behandlungsbeginn bestimmt. Dazu dienten nach BJÖRK und HELM bestimmte Kriterien an den Phalangen der Hand, die erlauben, acht Stadien der skelettalen Reifung zu differenzieren (Abb. V).

1967 (26) stellten die beiden einen geschlechtsspezifischen Altersunterschied bei den skelettalen Reifestadien fest. So erreichen Mädchen im Durchschnitt 2 Jahre früher das pubertäre Wachstumsmaximum.

1. PP₂-Stadium

Die Epiphyse der proximalen Phalange des Zeigefingers hat die Breite der Diaphyse erreicht. Der Patient steht im pubertalen Minimum, d.h. die Wachstumsgeschwindigkeit ist hier sehr klein.

2. MP₃-Stadium

Die Epiphyse der mittleren Phalange des Mittelfingers hat die gleiche Breite wie die Diaphyse erreicht. Der Zeitpunkt des maximalen Wachstums steht kurz bevor.

3. S-Stadium

Die beginnende Ossifikation des ulnaren Sesamoids am metacarpophalangealen Gelenk des Daumens weist auf das unmittelbar bevorstehende oder bereits erreichte maximale Längenwachstum hin. In 20% der Fälle tritt das Sesamoid bereits 2 Jahre oder mehr vor dem maximalen Wachstum auf.

4. MP_{3cap}-Stadium

Die Epiphyse der mittleren Phalange des Mittelfingers hat eine Kappenform in Richtung der Diaphyse eingenommen. Dieses Stadium tritt nach BJÖRK zusammen mit dem maximalen Längenwachstum oder höchstens 1 Jahr danach auf.

Bei Mädchen zeigt das Auftreten der Menarche, daß das Wachstumsmaximum bereits überschritten ist.

5. DP_{3u}-Stadium

Die distale Phalange des Mittelfingers zeigt eine völlige Verknöcherung der Epiphysenfuge. Der pubertäre Wachstumsschub ist in diesem Stadium bereits überschritten.

6. PP_{3u}-Stadium

Die proximale Phalange des Mittelfingers ist vollständig verknöchert. Die Wachstumsgeschwindigkeit nimmt immer mehr ab.

7. MP_{3u}-Stadium

Die Epiphysenlinie der mittleren Phalange des Mittelfingers ist vollständig verknöchert.

8. R_u-Stadium

Radius und Ulna sind vollständig verknöchert. Die wesentliche Wachstumszunahme ist abgeschlossen.

In der vorliegenden Untersuchung wurde das PP₂- und das MP₃-Stadium zur Charakterisierung des vorpubertären Zeitraumes herangezogen.

Der pubertäre Zeitraum wurde durch das S-, MP_{3cap}- und DP_{3u}-Stadium charakterisiert.

2.3. Statistische Auswertung des Datenmaterials

2.3.1. Die Irrtumswahrscheinlichkeit bei statistischen Prüfverfahren

Die Aufgabe der Prüfstatistik besteht darin, Unterschiede zwischen den untersuchten Gruppen herauszufinden. Dazu wird bei allen statistischen Prüfverfahren eine Nullhypothese aufgestellt, die besagt, daß zwischen den Stichproben kein Unterschied hinsichtlich der Lokation (= Schwerpunkt der Verteilungskurve auf der Meßwert-Abszisse) und der Dispersion (= Streubreite der Verteilung auf der Meßwert-Abszisse) besteht.

Da es keine absolute Aussage darüber gibt, ob irgendeine Hypothese richtig oder falsch ist, muß ein bestimmter Maßstab für die Annahme einer Hypothese festgelegt werden. Dieser Maßstab ist die Irrtumswahrscheinlichkeit. Aussagen, die aufgrund der Annahme der Nullhypothese mit 5% Irrtumswahrscheinlichkeit getroffen werden, bezeichnet man als signifikant.

2.3.2. Signifikanztest bei den untersuchten Gruppen

Für die untersuchten Gruppen (Bionatorgruppe (vorpupertär und pubertär) - Bionatorgruppe vorpubertär - Bionatorgruppe pubertär - Kontrollgruppe (vorpupertär und pubertär) - Kontrollgruppe vorpubertär - Kontrollgruppe pubertär) wurden bezüglich des Diagonalanfangswinkels, der Wachstumsanalyse und der Veränderungen des Diagonalwinkels die Mittelwerte $\bar{x}$, die Standardabweichung (s) sowie der Median berechnet (Tab. IV- IX, XI- XV).

Der Median wurde mit in die Berechnungen aufgenommen, da er bei einer Nicht-Gaußverteilung aussagekräftiger ist als das arithmetische Mittel.

Um signifikante Unterschiede zwischen der Bionator- und Kontrollgruppe sowie zwischen den vorpubertären und pubertären Gruppen zu sichern, wurde der t-Test bzw. bei einer Nicht-Gaußverteilung der Meßwerte der lokations-sensitive nichtparametrische Cramer-von-Mises-Test durchgeführt (Tab. IV- IX, XII- XV).

2.3.3. Korrelationen

Um zu überprüfen, ob eine Beziehung besteht zwischen der Wachstumsanalyse und den Veränderungen der skelettalen Variablen bei Behandlungsende sowie 5 Jahre nach Behandlungsende wurden die Korrelationen berechnet (Tab. XIX a u. b).

Das gleiche Verfahren wurde für den Diagonalanfangswinkel durchgeführt (Tab. XIX a u. b).

Der Korrelationskoeffizient "r" beschreibt die Intensität des Zusammenhangs zweier Variabler.

Ein Wert von $r = 0$ bedeutet keine Korrelationen zwischen x und y.

Besitzt der Korrelationskoeffizient den Wert $r = 1$ oder $r = -1$, bedeutet dies eine vollständige empirische Determiniertheit zwischen den beiden Variablen, d.h. zu jedem beliebigen x gehört ein festes y und umgekehrt.

Jedoch ist damit nicht gesagt, daß eine Variable die Ursache für die andere ist (Kausalität).

3. Ergebnisse

3.1. Wachstumsanalyse und Diagonalwinkel bei Behandlungsbeginn (Tab. IV - IX, XI - XIV)

Die Wachstumsanalyse, die aus Rotations- und Translationsvorhersage besteht, zeigte sowohl bei der Bionator- als auch bei der Kontrollgruppe größere Durchschnittswerte ($\bar{x}$) für die vorpubertären Gruppen (Tab. IV - VII).

Die vorpubertäre Bionatorgruppe wies bei der Rotationsvorhersage einen Mittelwert von $\bar{x} = 3,2$ auf; bei der Translationsvorhersage betrug der Wert $\bar{x} = 0,9$.

Die Werte der pubertären Gruppe betrugen $\bar{x} = 0,9$ bzw. $\bar{x} = 0,3$.

Die Werte bei der vorpubertären Kontrollgruppe betrugen $\bar{x} = 2,3$ bzw. $\bar{x} = 0,8$. Bei der pubertären Gruppe waren die Werte $\bar{x} = 0,8$ bzw. $\bar{x} = 0$.

Die Unterschiede zwischen den vorpubertären und pubertären Gruppen erwiesen sich durch die hohen Irrtumswahrscheinlichkeiten von 21 bzw. 58% als statistisch nicht signifikant.

Bei einem Vergleich der Wachstumsanalyse von Bionator- und Kontrollgruppe ohne Unterteilung nach vorpubertären und pubertären Gruppen hob sich die Bionatorgruppe durch

jeweils höhere Werte hervor (Tab. VIII, IX):

$(\bar{x}_{\text{Bionatorgruppe}_{\text{ROT}}} = 2,5; \bar{x}_{\text{Bionatorgruppe}_{\text{TRANS}}} = 0,7;$
 $\bar{x}_{\text{Kontrollgruppe}_{\text{ROT}}} = 2,0; \bar{x}_{\text{Kontrollgruppe}_{\text{TRANS}}} = 0,68)$

Signifikante Unterschiede konnten aber auch hier nicht gesichert werden.

Ähnlich wie die Wachstumsanalyse zeigte auch der Diagonalwinkel bei Behandlungsbeginn eine Abhängigkeit vom skelettalen Alter.

Die vorpubertären Gruppen wiesen dabei sowohl einen kleineren Mittelwert $\bar{x}$ ($\bar{x}_{\text{BIO}} = 48,6^\circ$, $\bar{x}_{\text{KON}} = 46,8^\circ$) als auch einen kleineren Median ($\text{Median}_{\text{BIO}} = 48^\circ$, $\text{Median}_{\text{KON}} = 45,5^\circ$) als die pubertären Gruppen auf ($\bar{x}_{\text{BIO}} = 50,1^\circ$, $\bar{x}_{\text{KON}} = 50,4^\circ$, $\text{Median}_{\text{BIO}} = 52^\circ$, $\text{Median}_{\text{KON}} = 49^\circ$) (Tab. XIa, XII, XIII).

Die Signifikanz der Unterschiede konnte dabei allerdings nur mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit zwischen 11% und 63% statistisch gesichert werden.

Ein Vergleich zwischen Bionator- und Kontrollgruppe ohne Unterteilung nach dem skelettalen Alter ergab für die Bionatorgruppe einen größeren Diagonalanfangswinkel ($\bar{x} = 48,9^\circ$, $\text{Median} = 48^\circ$) als für die Kontrollgruppe ($\bar{x} = 47,4^\circ$, $\text{Median} = 46^\circ$) (Tab. XIb, XIV).

Der Unterschied erwies sich statistisch mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 26,5% als nicht signifikant.

3.2. Veränderungen des Diagonalwinkels bei Behandlungsende und 5 Jahre nach Behandlungsende (Tab. XVa, XVb)

Sowohl bei der Bionator- als auch bei der Kontrollgruppe verkleinerte sich der Diagonalwinkel zwischen Behandlungsbeginn und Behandlungsende bzw. zwischen Behandlungsbeginn und 5 Jahre nach Behandlungsende.

($BIO \bar{x} = -1,2^\circ$, $KON \bar{x} = -0,9^\circ$ bzw. $BIO \bar{x} = -1,4^\circ$, $KON \bar{x} = -0,6^\circ$).

Eine stärkere Abnahme des Diagonalwinkels ist bei den vorpubertären Gruppen zu erkennen; sie konnte jedoch statistisch nicht gesichert werden (Tab. XVa u. b).

Im Gegensatz zum Behandlungsende konnte 5 Jahre nach Behandlungsende ein signifikanter Unterschied zwischen Bionator- und Kontrollgruppe bezüglich der Verkleinerung des Diagonalwinkels festgestellt werden. Die Abnahme des Diagonalwinkels bei der Bionatorgruppe betrug dabei im Durchschnitt $1,4^\circ$, bei der Kontrollgruppe $0,6^\circ$ (Tab. XVa).

3.3. Beziehungen zwischen Diagonalanfangswinkel (Diagonal - $\emptyset$) und Wachstumsanalyse (Rotations- und Translationsvorhersage) und den Veränderungen der kephalometrischen skelettalen Variablen von Behandlungsbeginn zu Behandlungsende bzw. 5 Jahre nach Behandlungsende (Tab. XIXa u. b).

Die Korrelationen von Diagonalwinkel, Rotations- und Translationsvorhersage bei Behandlungsbeginn mit den Veränderungen der skelettalen Variablen, gemessen am Fernröntgenseitenbild, zeigen insgesamt nur kleine Werte zwischen $-0,44$ bezüglich des SNA-Winkels und $+0,67$ bezüglich des Gonionwinkels (Go) im ersten Beobachtungszeitraum resp. $+0,39$ bezüglich des Interbasalwinkels und $-0,5$ für den Index im zweiten Beobachtungszeitraum.

Der Diagonalanfangswinkel der Bionatorgruppe wies mit den Veränderungen der Variablen: Gonionwinkel (Gn-tgo-Ar) und Symphysenwinkel ($N\angle$) und der tatsächlich eingetretenen Rotation bei Behandlungsende Korrelationen auf; 5 Jahre nach Behandlungsende fanden sich Korrelationen mit den Veränderungen der Variablen: vertikaler Interbasalwinkel (ML-NL), Gonionwinkel (Gn-tgo-Ar) und der tatsächlich eingetretenen Rotation.

Bei der Kontrollgruppe zeigte der Diagonalanfangswinkel Korrelationen mit den Veränderungen der Variablen SNA (bei Behandlungsende), ML-NL und GesichtsindeX (I) und tatsächlicher Rotation (5 Jahre nach Behandlungsende).

Die Rotationsvorhersage wies bei der Bionatorgruppe sowohl bei Behandlungsende als auch 5 Jahre nach Behandlungsende Korrelationen mit den Veränderungen der Variablen $N\angle$ und der tatsächlichen Rotation auf.

Bei der Kontrollgruppe ergaben sich Korrelationen mit den Veränderungen der Variablen SNB, ANB, ML-NSL, SNPg (bei Behandlungsende) und dem GesichtsindeX I (5 Jahre nach Behandlungsende).

Zwischen Translationsvorhersage und den Veränderungen der skelettalen Variablen konnten nur in der Bionatorgruppe Korrelationen festgestellt werden. Sie zeigten sich insbesondere beim ANB-Winkel zu Behandlungsende. Die hier erkennbare Verkleinerung der skelettalen Variablen ANB $\bar{x}$ von $5,0^\circ$ auf $3,4^\circ$ bis $2,8^\circ$ entspricht demnach der klinischen Erwartung.

Interessant ist die Korrelation von $-0,4$ zwischen dem Diagonalanfangswinkel und der Rotationsvorhersage bei Bionator- und Kontrollgruppe.

Die größte Korrelation mit $0,8$ zeigte sich zwischen Rotations- und Translationsvorhersage bei Bionator- und Kontrollgruppe.

V. DISKUSSION

1. Aussagen zur Wachstumsanalyse der Mandibula

Die Wachstumsanalyse bei Behandlungsbeginn zeigt eine erhebliche Streuung (vgl. STD-Abweichung in Tab. IV - IX), was auf die hohe Variabilität des menschlichen Gesichtsschädelaufbaus hinweist (BJÖRK (22), BRODIE (34), HASUND (41), LAVERGNE, GASSON (60-62), NANDA (85, 86) MEROW (78)).

Die höheren Mittelwerte $\bar{x}$ der Wachstumsanalyse für die vorpubertären Gruppen bei Bionator- und Kontrollgruppe (Tab. IV - VII) zeigen in der vorliegenden Arbeit statistisch keinen signifikanten Unterschied zu den pubertären Gruppen.

BJÖRK und SKIELLER (29) sowie BISCHOFF (16) schätzen zwar den Prognosewert der einzelnen Wachstumskriterien für frühes skelettales Alter als gering ein, da diese sich auf dem Fernröntgenseitenbild erst relativ spät eindeutig bestimmen lassen. Die Verwendung von möglichst vielen Kriterien kann nach HASUND (41) jedoch dazu beitragen, daß diese Unsicherheit ausgeglichen wird.

In der vorliegenden Arbeit zeigt sich die Tendenz für höhere Werte bezüglich der Wachstumsanalyse bei den vorpubertären Gruppen nicht nur im Mittelwert $\bar{x}$, sondern auch im Median. Der fehlende statistisch signifikante Unterschied zwischen vorpubertären und pubertären Gruppen könnte daher auch durch die geringe Grundgesamtheit der einzelnen Gruppen bedingt sein.

Die höheren positiven Werte für die Wachstumsvorhersage bei den vorpubertären Gruppen, die eine mehr anteriore Rota-

tionstendenz und horizontale Translationstendenz charakterisieren, wären mit den Ergebnissen über einen noch bevorstehenden Wachstumsspur (BJÖRK und HELM (26), FLEISCHER-PETERS (38), LEWIS und ROCHE (68, 69), NANDA (85, 86), BERGERSEN (13)) und einem damit verbundenen stärkeren Wachstum zu vereinbaren.

Bei einem Vergleich der Wachstumsanalyse von Bionator- und Kontrollgruppen beim Anfangsbefund (Tab. VIII, IX) ohne Unterteilung nach dem skelettalen Alter zeichnet sich die Bionator-Gruppe vor allem bei der Rotationsvorhersage durch etwas höhere positive Werte aus ($\bar{x}_{\text{Rot.Bio}} = 2,5$; $\bar{x}_{\text{Rot.Kontr.}} = 2$; Median $_{\text{Rot.Bio}} = 3$; Median $_{\text{Rot.Kontr.}} = 2$).

Nach dem Bewertungsmaßstab der Rotationstendenz (Abb. IIIC) bedeutet dies für die Bionator-Gruppe eine mehr anteriore Rotation im Vergleich zu einer neutralen (indifferenten) Rotation der Kontrollgruppe. Die günstigere Rotationstendenz der Bionator-Gruppe könnte verantwortlich sein für das gute Behandlungsergebnis der Probanden mit dem Bionator, der die "Enthemmung" "des ererbten Wachstums" (ASCHER (2)) bewirkt.

Die kritiklose Anwendung der strukturellen Wachstumsanalyse zur Vorhersage der Veränderung der skelettalen Variablen erlaubt in der vorliegenden Arbeit durch die relativ niedrigen und uneinheitlichen Korrelationskoeffizienten in Bionator- und Kontrollgruppe jedoch nur eine geringe klinische Konsequenz. Ursache dazu ist auch in den kleinen Fallzahlen der Gruppen zuzusehen.

Nach einer Untersuchung von JENATSCHKE gibt die strukturelle Wachstumsprognose, die auf der Verwendung aller Kennzeichen beruht, nur Hinweise auf die voraussichtli-

che Entwicklung des Gesichtes in der Vertikalebene. Die Beurteilung aller Wachstumskriterien entspricht der Rotationsvorhersage der vorliegenden Arbeit, die hierbei aber neben Korrelationen mit Veränderungen einiger vertikaler Variablen auch Korrelationen mit den Veränderungen des ANB- und des SNB-Winkels zeigte. Eine hohe Korrelation (0,8) konnte zwischen der Rotations- und Translationsvorhersage gefunden werden, was auf einen Zusammenhang zwischen vertikalen und sagittalen Gesichtsdimensionen hinweist.

Sowohl WILLIAMS und MELSEN (105) als auch SCHUDY (97, 98) verweisen bereits auf die Kontrolle der Vertikalen für eine optimale Vorwärtsbewegung der Mandibula bei der Korrektur einer Klasse II-Verzahnung.

Die Korrelation zwischen Rotationsvorhersage und tatsächlich eingetretener Rotation fällt in der vorliegenden Arbeit mit 0,4 etwas niedriger aus als in den Untersuchungen von BISCHOFF (16) ($r = 0,57$), die ihre Ergebnisse allerdings bei unbehandelten Probanden erzielte.

2. Aussagen des Diagonalwinkels nach ASCHER

Der Diagonalwinkel bei Behandlungsbeginn zeigte ebenfalls eine große Streuung (Tab. XI - XIV) mit relativ großer Spannweite der gemessenen Werte.

Der Vergleich zwischen vorpubertären und pubertären Gruppen zeigte kleinere Diagonalanfangswinkelwerte für die vorpubertären Gruppen. In der vorpubertären Bionator-Gruppe konnte keine Gauß-Verteilung der Werte gefunden werden, weshalb die Beurteilung des Medians nötig wurde.

Dieser betrug bei der vorpubertären Bionator-Gruppe 48° , bei der vorpubertären Kontrollgruppe $45,5^\circ$ (Tab. XIa - XIII).

Obwohl keine signifikanten Unterschiede sowohl zwischen vorpubertären und pubertären Gruppen als auch zwischen Bionator- und Kontrollgruppe festgestellt werden konnten, ist bei der Kontrollgruppe die Tendenz einer Verschiebung der Verteilung des Diagonalanfangswinkels zu kleineren Werten zu sehen (Tab. XIb, XIV).

Die höheren Werte des Diagonalanfangswinkels bei den pubertären Gruppen konnten zwar statistisch nicht gesichert werden, aber sie könnten durch die spät eingeleitete Behandlung durchaus erklärbar sein. Das "ererbte nach anterior gerichtete Wachstum" konnte nämlich durch die späte Behandlung nicht rechtzeitig "enthemmt" (ASCHER (2)) und in die richtige hier anteriore Richtung gelenkt werden.

Nach Abschluß der Behandlung konnte bei den untersuchten Gruppen im Durchschnitt eine Abnahme des Diagonalwinkels festgestellt werden.

Obwohl die Mittelwerte eine stärkere Abnahme bei den vorpubertären Gruppen erkennen ließen, konnte weder bei Behandlungsende noch 5 Jahre nach Behandlungsende ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen gefunden werden.

Eine stärkere Abnahme bei den vorpubertären Gruppen würde dem Ergebnis von McNAMARA (75, 76) entsprechen, der bei Anwendung von funktionskieferorthopädischen Geräten bei erwachsenen Tieren nur noch eine dentoalveoläre und keine skelettale Wachstumsanpassung feststellte.

Die Verkleinerung des Diagonalwinkels bei der Bionator-Gruppe 5 Jahre nach Behandlungsende ($\bar{x} = -1,4^\circ$, Tab. XVa)

erwies sich gegenüber der Abnahme bei der Kontrollgruppe ($\bar{x} = -0,6^\circ$ Tab. XVa) als statistisch signifikant ($p = 3,9\%$). Bei Behandlungsende war dieser Unterschied noch nicht gegeben. Der Unterschied könnte durch ein stärkeres Wachstumspotential der Bionatorgruppe zu erklären sein.

Der prognostische Wert des Diagonalwinkels für die Veränderungen der skelettalen Variablen ist aus den Tab. XIX a u. b zu ersehen.

Interessant dabei ist, daß neben der Korrelation mit der tatsächlich eingetretenen Rotation auch Korrelationen mit den Veränderungen der Variablen bestehen, die für die Rotationsvorhersage aussagekräftig sind: Der Kieferwinkel (KOEPE (57), ØDEGAARD (87, 88)), die Symphysenneigung (HASUND (41), SKIELLER (101)), der Gesichtsinde und die Mandibulainklination (SKIELLER (101)).

Genauere Aussagen über den klinischen Wert des Diagonalwinkels für die Voraussage der Veränderungen der skelettalen Variablen erfordert die Durchführung einer Varianzanalyse bei einer größeren Probandenzahl.

3. Vergleich zwischen Wachstumsanalyse und Diagonalwinkel

Sowohl die Rotationsvorhersage als auch der Diagonalwinkel zeigen eine Korrelation zur tatsächlich eingetretenen Rotation. Bereits ASCHER (8) stellt den prognostischen Wert des Diagonalwinkels für die Rotationsrichtung der Mandibula heraus.

Die Aussagekraft des Diagonalwinkels bezüglich der Rotation könnte durch seinen Referenzpunkt K' erklärbar sein. K' gibt einen direkten Hinweis auf Form und Neigung des Kondylus, der nach BJÖRK (22, 23, 25) ein wichtiges Krite-

rium zur Erstellung der Wachstumsvorhersage darstellt.

Da der Neigungsgrad der OK-Grundebene direkt die Gradzahl des Diagonalwinkels beeinflußt, spiegelt sich im Diagonalwinkel auch die OK-Rotation wider. Im Diagonalwinkel ist also im Gegensatz zur BJÖRK'schen Analyse sowohl OK- als auch UK-Rotation enthalten.

Die Korrelation und die Notwendigkeit der Harmonisierung zwischen OK- und UK-Rotation für ein gutes und stabiles Behandlungsergebnis wurde von LAVERGNE und GASSON (61, 62) beschrieben.

Das stabile Behandlungsergebnis bei der Bionatorgruppe 5 Jahre nach Behandlungsende läßt somit auf ein günstiges "harmonisches" Wachstum schließen. Zwischen Translationsvorhersage und Diagonalanfangswinkel konnte keine Korrelation festgestellt werden.

Auch GRESER (39), die den diagnostischen Wert des Diagonalwinkels untersuchte, konnte zwar für die vertikalen, nicht aber für die sagittalen Gesichtsdimensionen gute Ergebnisse finden.

Obwohl statistisch nicht signifikant bewiesen, zeigt sich in der vorliegenden Arbeit wohl die Tendenz, daß sich Bionator- und Kontrollgruppe hinsichtlich der Rotationsvorhersage und des Diagonalwinkels bei Behandlungsbeginn unterscheiden. Somit könnten beide Analysen - jedoch mit Vorbehalt - als Indikatoren für eine erfolgreiche Bionatorbehandlung herangezogen werden.

Eine größere Probandenzahl würde mit Sicherheit den Wert der in der vorliegenden Arbeit erzielten Ergebnisse steigern.

VI. SCHLUSSFOLGERUNG

Aus den vorliegenden Untersuchungsergebnissen lassen sich die eingangs gestellten Fragen folgendermaßen beantworten:

1. Die Ausgangswerte von Diagonalwinkel und Wachstumsanalyse zeigen zu Behandlungsbeginn bei der Bionator-Gruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe die Tendenz zu höheren Werten. Der Diagonalwinkel bewegt sich bei der Bionator-Gruppe zwischen 48° und 49° ($\bar{x} = 48,98^\circ$, $s = 3,22$, Median: 48°), bei der Kontrollgruppe um 47° ($\bar{x} = 47,4^\circ$, $s = 4,54$, Median: 46°).

Die Rotationsvorhersage betrug bei der Bionator-Gruppe im Mittel 2,5 ($s = 4,09$), bei der Kontrollgruppe 2,0 ($s = 5,23$). Für alle Werte ist eine große Streuung um den Mittelwert auffällig. Sie entspricht der individuellen Variabilität des Gesichtsschädels.

2. Die Abhängigkeit des Diagonalwinkels bzw. der Wachstumsanalyse vom skelettalen Alter bei Behandlungsbeginn konnte nicht signifikant festgehalten werden; in der Tendenz zeigt die Wachstumsanalyse leicht größere, der Diagonalwinkel leicht kleinere Werte im vorpubertären Zeitraum.
3. Die Veränderungen der gemessenen skelettalen Variablen, insbesondere im mandibulären Bereich, sind mit der zu Anfang prognostizierten Rotationsaussage schwach signifikant in Einklang zu bringen. Eine größere Fallzahl in den einzelnen Gruppen könnte die vorliegenden Aussagen klarer belegen.

4. Die Verkleinerung des Diagonalwinkels vom ersten bis zum dritten Beobachtungszeitraum fällt signifikant auf und korreliert mit den Vorhersagen der Wachstumsanalyse im Sinne einer anterioren Rotationstendenz! Daraus eine Konsequenz für die klinisch verwertbare Indikatorstellung des Diagonalwinkels zu ziehen, erlaubt erst die Gegenüberstellung der hier gefundenen Werte mit denen einer unbehandelten Vergleichsgruppe mit vergleichbarem Ausgangsbefund und gleichen Beobachtungszeitraum.

Weiter ist für eine genauere Aussage über den klinischen Wert des Diagonalwinkels und die Voraussage der Veränderung der skelettalen Variablen die Notwendigkeit von größeren Probandenzahlen in den einzelnen Gruppen und die Durchführung einer Varianzanalyse aus dieser Untersuchung abzuleiten.

VII. ZUSAMMENFASSUNG

Bei 58 Probanden, von denen 26 erfolgreich mit dem Bionator und 32 zusätzlich mit einer Multibandapparatur und Headgear behandelt wurden, konnten 5 Jahre nach Behandlungsende eine Nachuntersuchung durchgeführt werden.

Beide Gruppen zeigen bei der Kontrolluntersuchung eine stabile gesicherte Neutralokklusion der Zahnreihen und einen moderaten sagittalen und vertikalen Überbiß.

Bei jedem Patienten wurden die Fernröntgenseitenbilder zu drei Zeitpunkten (Behandlungsbeginn, Behandlungsende, 5 Jahre nach Behandlungsende) kephalometrisch nach den Empfehlungen von HASUND (41) und WINGBERG (106) ausgewertet und der Diagonalwinkel nach ASCHER (6-8) bestimmt. In Anlehnung an die strukturellen Analysen von BJÖRK (25) und ØDEGAARD (87, 88) wurde am ersten Fernröntgenseitenbild zu Behandlungsbeginn eine Wachstumsanalyse durchgeführt.

In Abhängigkeit vom skelettalen Alter sollte der Prognosewert von Diagonalwinkel und Wachstumsanalyse für die Wachstumstendenz bzw. deren Wert als Indikatoren für die zu erwartende skelettale, insbesondere mandibuläre Veränderung ermittelt werden:

Als Ergebnis der vorliegenden Arbeit fallen für die Wachstumsanalyse im Mittel positive Bewertungen für die mandibulären Rotationsveränderungen (Bionator-Gruppe $\bar{x}$: 2,5, $s = 4,09$, Kontrollgruppe $\bar{x}$: 2,0, $s = 5,23$) und für die mandibulären Translationsveränderungen (Bionator- und Kontrollgruppe $\bar{x}$: 0,7, $s = 2,32$ bzw. $s = 2,11$) auf. Gleich-

zeitig ist eine Abnahme des Diagonalwinkels festzustellen, in der Bionator-Gruppe größer als in der Gruppe mit Zusatzbehandlung. Der Unterschied ist jedoch nicht signifikant.

Der Diagonalwinkel und die Wachstumsanalyse zeigen bei Behandlungsbeginn im Durchschnitt in der Bionator-Gruppe (Diagonalwinkel $\bar{x} = 48,98^\circ$, $s = 3,22$, Median: 48°) etwas höhere Werte als in der sogenannten Kontrollgruppe (Diagonalwinkel $\bar{x} = 47,4^\circ$, $s = 4,54$, Median: 46°).

Eine Abhängigkeit vom skelettalen Alter konnte statistisch nicht gesichert werden, obwohl die Betrachtung der Mittelwerte größere Diagonalwinkel in der pubertären Gruppe aufweisen.

Die Abnahme des Diagonalwinkels 5 Jahre nach Behandlungsende bei der Bionator-Gruppe ($\bar{x} = -1,4^\circ$, $s = 1,28$) unterschied sich signifikant von der Kontrollgruppe ($\bar{x} = -0,6^\circ$, $s = 1,61$).

Sowohl der Wert des Diagonalwinkels bei Behandlungsbeginn als auch die hier aufgestellte Rotationsvorhersage weisen in der Bionator-Gruppe sowie in der Kontrollgruppe Korrelationen mit der tatsächlich eingetretenen Rotation auf (Bionatorgruppe $r = -0,6$ bzw. $r = +0,4$; Kontrollgruppe $r = -0,4$ bzw. $r = +0,3$).

Die Korrelation von Diagonalwinkel, Rotations- und Translationsvorhersage mit den Veränderungen der skelettalen Variablen bei Behandlungsende und 5 Jahre nach Behandlungsende ist nur für den ANB-Winkel in der Bionator-Gruppe in Relation zur Translationsvorhersage ($r = -0,4$) bemerkenswert sowie für den Index in Relation zur Rotationsvorhersage ($r = -0,4$).

Die vorstellten Ergebnisse können auf Grund der kleinen Fallzahlen in den einzelnen Gruppen nur Tendenzen darstellen. Eine genaue Aussage über den klinischen Wert des Diagonalwinkels bleibt einer weiteren Untersuchung mit größeren Probandenzahlen sowie der Durchführung einer Varianzenanalyse vorbehalten. Die zu Anfang prognostizierte zu erwartende Rotation für die Mandibula nach den Empfehlungen von BJÖRK und ØDEGAARD kamen insbesondere in der Bionator-Gruppe entsprechend der vorgelegten Wachstumsanalyse voll zur Geltung. Dies wird auch in der stärkeren Verkleinerung des Diagonalwinkels auffällig.

VIII. LITERATURVERZEICHNIS

1. ASCHER, F.: Distalbiß und Lutschen bei Eingeborenen im Tanganjika-Territory (Ostafrika). Fortschr.Kieferorthop. 22, 157 (1961)
2. ASCHER, F.: Hemmung und Enthemmung bei Anwendung moderner Aktivatoren. Fortschr.Kieferorthop. 25, 490 (1964)
3. ASCHER, F.: Praktische Kieferorthopädie. Urban & Schwarzenberg, München-Berlin-Wien 1968
4. ASCHER, F.: Zur Frage der Funktion und Gewöhnung. Fortschr.Kieferorthop. 32, 149 (1971)
5. ASCHER, F.: Kontrollierte Ergebnisse der Rückbißbehandlung mit funktionskieferorthopädischen Geräten. Fortschr.Kieferorthop. 32, 149 (1971)
6. ASCHER, F.: Die Rekonstruktion der Bißhöhe nach Verlust des natürlichen Zahnbestandes. Dtsch.zahnärztl.Z. 28, 18 (1973)
7. ASCHER, F.: Die rekonstruierte Bißhöhe im Anwendungsbereich der kieferorthopädischen Prothetik und der chirurgischen Kieferorthopädie. Fortschr.Kieferorthop. 36, 98 (1975)
8. ASCHER, F.: Der Diagonalwinkel als Richtwert für Diagnose, Prognose und Therapie in der Kieferorthopädie. Fortschr.Kieferorthop. 37, 52 (1976)
9. BAMBHA, J.H., Longitudinal study of facial growth in relation to skeletal maturation during adolescence. Amer.J.Orthodont. 49, 481 (1963)
10. BAUMRIND, S., Superimpositional assessment of treatment-associated changes in the temporomandibular joint and the mandibular symphysis. Amer.J.Orthodont. 84, 443 (1983)

11. BEHRENTS, R.G.,
L.E. JOHNSTON: The influence of the trigeminal nerve on facial growth and development.
Amer.J.Orthodont. 85, 199 (1984)
12. BERGERSEN, E.O.: The directions of facial growth from infancy to adulthood.
Angle Orthodont. 36, 18 (1966)
13. BERGERSEN, E.O. The male adolescent facial growth spurt: Its prediction and relation to skeletal maturation.
Angle Orthodont. 42, 319 (1972)
14. BECKMANN, G.,
J. WINGBERG,
A. HASUND: Computerunterstützte Kephallometrie in der Bergen-Technik.
Fortschr.Kieferorthop. 44, 359 (1983)
15. BERNABEI, R.L.,
L.E. JOHNSTON: The growth in situ of isolated mandibular segments.
Amer.J.Orthodont. 73, 24 (1978)
16. BISCHOFF, P.: Überprüfung der mandibulären Rotation bei unbehandelten Klasse II/1-Fällen in einer longitudinalen Studie.
Med. Diss. München 1980
17. BISHARA, S.E.,
J.E. JAMISON,
L.C. PETERSON,
W.H. DE KOCK: Longitudinal changes in standing height and mandibular parameters between the ages of 8 and 17 years.
Amer.J.Orthodont. 80, 115 (1981)
18. BJÖRK, A.: The face in profile.
Svensk tandläk.-T. 40, Nr. 5B, Suppl. Lund. 1947
19. BJÖRK, A.: The principle of the Andresen method of orthodontic treatment; a discussion based on cephalometric X-ray analysis of treated cases.
Amer.J.Orthodont. 37, 437 (1951)
20. BJÖRK, A.: Facial growth in man, studied with the aid of metallic implants.
Acta odont.scand. 13, 9 (1955)
21. BJÖRK, A.: Cranial base development.
Amer.J.Orthodont. 41, 198 (1955)
22. BJÖRK, A.: Variations in the growth pattern of human mandible:

- Longitudinal radiographic study by the implant method.
J.dent.Res. 42, 400 (1963)
23. BJÖRK, A.: Sutural growth of the upper face, studied by the implant method.
Acta odont.scand. 24, 109 (1966)
24. BJÖRK, A.: The use of metallic implants in the study of facial growth in children: Method and application.
Amer.J.Phys.Anthrop. 29, 243 (1969)
25. BJÖRK, A.: Prediction of mandibular growth rotation.
Amer.J.Orthodont. 55, 585 (1969)
26. BJÖRK, A.,
S. HELM: Prediction of the age of maximum pubertal growth in body height.
Angle Orthodont. 37, 134 (1967)
27. BJÖRK, A.,
V. SKIELLER: Weitenwachstum im Oberkieferbereich untersucht mit Hilfe der Implantatmethode.
Inf.Orthod.u.Kieferorthop. 9, 348 (1977)
28. BJÖRK, A.,
V. SKIELLER: Gesichtsentwicklung und Zahneruption. Implantatstudien im Pubertätsalter.
Inf.Orthod.u.Kieferorthop. 9, 363 (1977)
29. BJÖRK, A.,
V. SKIELLER: Normal and abnormal growth of the mandible. A synthesis of longitudinal cephalometric implant studies over a period of 25 years.
Eur.J.Orthodont. 5, 1 (1983)
30. BRIN, J.,
M.B. KELLEY,
J.L. ACKERMAN,
P.A. GREEN: Molar occlusion and mandibular rotation: A longitudinal study.
Amer.J.Orthodont. 81, 397 (1982)
31. BROADBENT, B.H.: A new X-ray technique and its application to orthodontia.
Angle Orthodont. 1, 45 (1931)
32. BROADBENT, B.H.: The face of the normal child.
Angle Orthodont. 7, 83 (1937)

33. BRODIE, A.G.: Some recent observations on the growth of the face and their implications to the orthodontist. Int.J.Orthodont. 26, 741 (1940)
34. BRODIE, A.G.: On the growth pattern of the human face. Amer.J.Anat. 68, 209 (1941)
35. BRODIE, A.G.: Late growth changes in the human face. Angle Orthodont. 23, 146 (1953)
36. BURDACH-BERGER, W., Fernröntgenologischer Vergleich zwischen Eltern und Kindern zur Wachstumsvorhersage des Unterkiefers. Fortschr.Kieferorthop. 38, 148 (1977)
37. DURLAK, C., E. WITT: Der Stellenwert der Symphyse für die Wachstumsprognose des Unterkiefers. Fortschr.Kieferorthop. 41, 18 (1980)
38. FLEISCHER-PETERS, A., C. BAYKAN, H. PRESTELE: Untersuchungen zur Dauer der Reifestadien der Hand. Fortschr.Kieferorthop. 44, 77 (1982)
39. GRESER, U.: Der Diagonalwinkel nach Ascher im Vergleich mit den Analysen von Jarabak als Richtwert für Prognose und Therapie in der kieferorthopädischen Praxis. Med. Diss. München 1981
40. HARRIS, J.E.: A cephalometric analysis of mandibular growth rate. Amer.J.Orthodont. 48, 161 (1962)
41. HASUND, A.: Klinische Kephalexometrie für die Bergen-Technik. Bergen/Norwegen 1973
42. HELM, S., S. SIERSBAEK-NIELSEN, V. SKIELLER, A. BJÖRK: Skelettal maturation of the hand in relation to maximum puberal growth in body height. Tandlaegebladet 75, 1223 (1971)
43. HOFRATH, H.: Die Bedeutung der Röntgenfern- und Abstandsaufnahme für die Diagnostik der Kieferanomalien. Fortschr.Orthodont. 1, 232-258 (1931)

44. HOLSTEIN, R.: Vergleich der Verteilung basaler Konfigurationen von rein dentoalveolär klassifizierten Angle Klasse II-Gruppen (vor und nach kieferorthopädischer Behandlung) einer Normgruppe mit Hilfe der morphogenetischen Analyse. Med. Diss. Hamburg 1984
45. HOUSTON, J.B.,
W.A. BROWN: Family likeness as a basis for facial growth prediction. Eur.J.Orthodont. 2, 13 (1980)
46. HUNTER, C.J.: The correlation of facial growth with body height and skeletal maturation at adolescence. Angle Orthodont. 36, 44 (1966)
47. HUNTER, W.S.,
D.R. BALBACH: The heritability of attained growth in the human face. Amer.J.Orthodont. 58, 128 (1970)
48. ISAACSON, J.R.,
T.M. SPEIDEL,
F.W. WORMS: Extreme variation in vertical facial growth and associated variation in skeletal and dental relations. Angle Orthodont. 41, 219 (1971)
49. JANSON, I.: Zeitpunkt der Bionatorbehandlung in Abhängigkeit vom Wachstum. Fortschr.Kieferorthop. 38, 435 (1977)
50. JANSON, I.,
K. ÜBERLA: Faktorenanalytische Auswertung einer Untersuchung über die Wirkungsweise der Bionators. Fortschr.Kieferorthop. 40, 494 (1979)
51. JANSON, I.: Skelettale und dentoalveoläre Änderungen durch die Bionatorbehandlung in der vorpubertären und pubertären Wachstumszeit. Quintessenz Verlag, Berlin 1982
52. JAMISON, J.E.,
S.E. BISHARA: Longitudinal changes in the maxilla and the maxillary mandibular relationship between 8 and 17 years of age. Amer.J.Orthodont. 82, 217 (1982)

53. JARABAK, J.R.: Vortrag zum Verhandlungsthema I: Zephalometrie in der täglichen Praxis. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Kieferorthopädie 1974 in Göttingen. Fortschr.Kieferorthop. 36, 272 (1975)
54. JENATSCHKE, F.: Wachstumsprognose retrospektiv. Fortschr.Kieferorthop. 38, 17 (1977)
55. JOHNSTON, L.E.: A simplified approach to prediction. Amer.J.Orthodont. 67, 253 (1975)
56. KEITH, A.,
G.G. CAMPION: A contribution to the mechanism of growth of the human face. Int.J.Orthodont. 8, 607 (1922)
57. KOEPPE, K.: Prognose der Mandibularentwicklung mit Hilfe des Orthopantomogramms. Fortschr.Kieferorthop. 34, 316 (1973)
58. KOMPOSCH, G.,
C. HOCKENJOS: Die Reaktionsfähigkeit des temporo-mandibulären Knorpels. Fortschr.Kieferorthop. 38, 121 (1977)
59. LANDE, M.J.: Growth behavior of the human bony facial profile as revealed by serial cephalometric roentgenology. Angle Orthodont. 22, 78 (1952)
60. LAVERGNE, J.,
N. GASSON: A metal implant study of mandibular rotation. Angle Orthodont. 46, 144 (1976)
61. LAVERGNE, J.,
N. GASSON: The maxillary rotation: Its relation to the cranial base and the mandibular corpus. Acta Odont.Scand. 35, 89 (1977)
62. LAVERGNE, J.,
N. GASSON: Maxillary rotation during human growth: Annual variation and correlations with mandibular rotation. Acta Odont.Scand. 35, 13 (1977)
63. LAVERGNE, J.,
N. GASSON: Operational definitions of mandibular morphogenetic and positional rotations. Scand.J.Dent.Res. 85, 185 (1977)

64. LAVERGNE, J.,
GASSON, N.: Direction and intensity of mandibular rotation in the sagittal adjustment during growth of the jaw. Scand.J.Dent.Res. 85, 193 (1977)
65. LAVERGNE, J.,
N. GASSON: The influence of the jaw rotation on the morphogenesis of malocclusion. Amer.J.Orthodont. 73, 658 (1978)
66. LAVERGNE, J.,
N. GASSON: Analysis and classification of the rotational growth pattern without implants. Brit.J.Orthodont. 9, 51 (1982)
67. LAVERGNE, J.,
N. GASSON: Morphogenetic classification of malocclusion as a basis for growth prediction and treatment planning. Brit.J.Orthodont. 9, 132 (1982)
68. LEWIS, A.B.,
A.F. ROCHE: Elongation of the cranial base in girls during pubescence. Angle Orthodont. 42, 358 (1972)
69. LEWIS, A.B.,
A.F. ROCHE: Growth of the mandible during pubescence. Angle Orthodont. 52, 325 (1982)
70. LINDER-ARONSON,
St.: Adenoids. Their effects on mode of breathing and nasal airflow and their relationship to characteristics of the facial skeleton and the dentition. Acto-oro-laryngologica Stockholm, Suppl. 265 (1970)
71. LULLA, P.,
A. GIANELLY: The mandibular plane and mandibular rotation. Amer.J.Orthodont. 70, 567 (1976)
72. MAJ, G.,
C. LUZI: Analysis of mandibular growth on 28 normal children followed from 9 to 13 years of age. Trans.Europ.Orthodont.Soc. 141 (1962)
73. MAJ, G.,
C. LUZI: Longitudinal study of mandibular growth between 9 and 13 years as a basis for an attempt of its prediction. Angle Orthodont. 34, 220 (1964)

74. MATHEWS, J.R.,
W.H. WARE: Longitudinal mandibular growth in
children with tantalum implants.
Amer.J.Orthodont. 74, 633 (1978)
75. McNAMARA, J.A.: Experimentelle Untersuchungen des
Unterkieferwachstums.
Inf.Orthodont.u.Kieferorthop.
8, 219 (1976)
76. McNAMARA, J.A.: Functional determinants of cranio-
facial size and shape.
Eur.J.Orthodont. 2, 131 (1980)
77. McNAMARA, J.A.: Influence of respiratory pattern
on craniofacial growth.
Angle Orthodont. 51, 269 (1981)
78. MEROW, W.W.: A cephalometric statistical
appraisal of dentofacial growth.
Angle Orthodont. 32, 205 (1962)
79. MITCHELL, D.L.,
J.F. JORDAN,
R.M. RICKETTS: Arcial growth with metallic implants
in mandibular growth prediction.
Amer.J.Orthodont. 68, 655 (1975)
80. MOSS, M.L.,
L. SALENTIJN: The primary role of functional
matrices in facial growth.
Amer.J.Orthodont. 55, 566 (1969)
81. MOSS, M.L.,
L. SALENTIJN: The logarithmic growth of the
human mandible.
Acta anat. 77, 341 (1970)
82. MOSS, M.L.,
L. SALENTIJN,
H.P. OSTREICHER: The logarithmic properties of active
and passive mandibular growth.
Amer.J.Orthodont. 66, 645 (1974)
83. MÜLLER, G.: Wachstumsanalytische Untersuchungen
am Kiefer-Gebiß-System.
Fortschr.Kieferorthop. 21, 113 (1960)
84. NAKATA, M.,
P. YU,
B. DAVIS,
W.E. NANCE: The use of genetic data in the
prediction of craniofacial dimensions.
Amer.J.Orthodont. 63, 471 (1973)
85. NANDA, R.S.: The rates of growth of several facial
components measured from serial
cephalometric roentgenograms.
Amer.J.Orthodont. 41, 658 (1955)

86. NANDA, R.S.: Growth changes in skeletal-facial profile and their significance in orthodontic diagnosis. Amer.J.Orthodont. 59, 501 (1971)
87. ØDEGAARD, J.: Growth of the mandible studies with the aid of metal implants. Amer.J.Orthodont. 57, 145 (1970)
88. ØDEGAARD, J.: Mandibular rotation studied with the aid of metal implants. Amer.J.Orthodont. 58, 448 (1970)
89. PANCHERZ, H.: A cephalometric analysis of skeletal and dental changes contributing to class II correction in activator treatment. Amer.J.Orthodont. 85, 125 (1984)
90. PIMENIDIS, M.Z.,
A.A. GIANELLY: The effect of early postnatal condylectomy on the growth of the mandible. Amer.J.Orthodont. 62, 42 (1972)
91. PETROVIC, A.,
I. STUTZMANN: Experimentelle Untersuchungen der kieferorthopädischen Beeinflussung des Gesichtswachstums. Fortschr.Kieferorthop. 41, 212 (1980)
92. RICKETTS, R.M.: Planning treatment on the basis of the facial pattern and an estimate of its growth. Angle Orthodont. 27, 14 (1957)
93. RICKETTS, R.M.: The influence of orthodontic treatment on facial growth and development. Angle Orthodont. 30, 103 (1960)
94. RICKETTS, R.M.: A principle of arcial growth of the mandible. Angle Orthodont. 42, 368 (1972)
95. RITZKAT, S.,
E. STEGER,
H. SEEHOLZER: Der Diagonalwinkel: ein Beitrag zur kieferorthopädischen Diagnostik und Prognosestellung. Zahnärztl. Prax. 26, 359 (1975)

96. SEVINC, H.: Vergleichende Untersuchungen über die Wachstumsprognose bei unbehandelten Neutral- und Distalbißfällen anhand von Fernröntgenprofilaufnahmen. Med. Diss. Hamburg 1980
97. SCHUDY, F.F.: Vertical growth versus antero-posteriorgrowth as related to function and treatment. Angle Orthodont. 34, 75 (1964)
98. SCHUDY, F.F.: The rotation of the mandible resulting from growth: Its implication in orthodontic treatment. Angle Orthodont. 35, 36 (1965)
99. SCHWARZ, A.M.: Die Röntgenostatik. Urban & Schwarzenberg Verlag, Wien 1958
100. SHELDON, W.,
D. ROSENSTEIN: Eine longitudinale Studie des anterior-posterioren Wachstums der Unterkiefersymphyse. Inf.Orthodont.u.Kieferorthop. 2, 1 (1970)
101. SKIELLER, V.,
A. BJÖRK,
T. LINDE-HANSEN: Prediction of mandibular growth rotation evaluated from a longitudinal implant sample. Amer.J.Orthodont. 86, 359 (1984)
102. SMITH, R.J.,
J. FROMMER: Condylar growth gradients: Possible mechanism for spiral or arcial growth of the mandible. Angle Orthodont. 50, 274 (1980)
103. TOFANI, M.I.: Mandibular growth at puberty. Amer.J.Orthodont. 62, 176 (1972)
104. TOMER, B.S.,
E. HARVOLD: Primate experiments on mandibular growth direction. Amer.J.Orthodont. 82, 114 (1982)
105. WILLIAMS, S.,
B. MELSEN: The interplay between sagittal and vertical growth factors. An implant studie of activator treatment. Amer.J.Orthodont. 81, 327 (1982)
106. WINGBERG, J.P.: Computerunterstützte Cephalometrie nach der Bergen-Technik. Med. Diss. Hamburg 1984

IX. ANHANG

Abbildungen und Tabellen

T.D.: 9 Jahre 5 Monate, PP₂

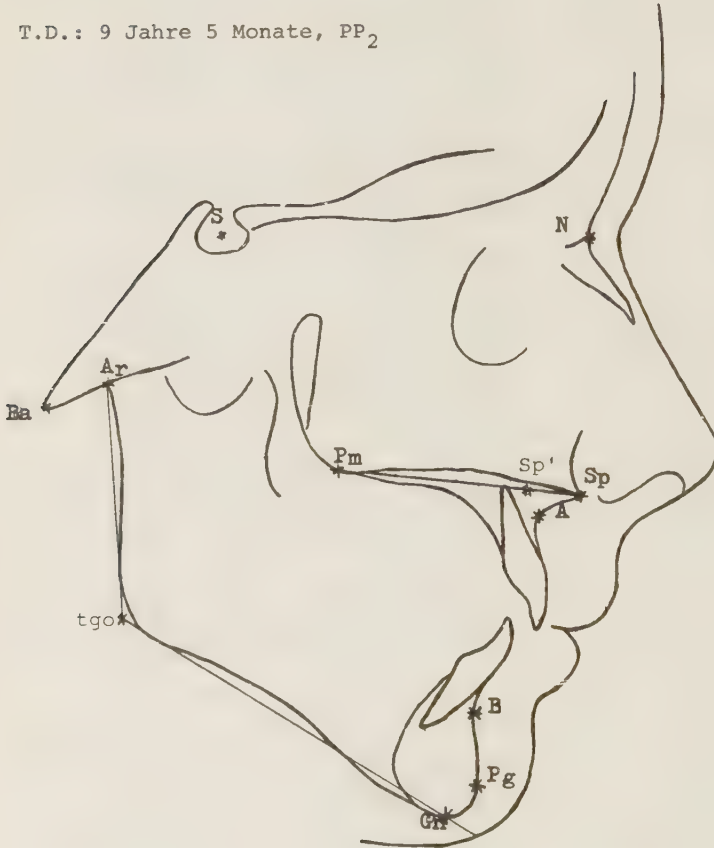


Abb. I: Referenzpunkte der Kephalemetrie nach HASUND (41)
bei einem Patienten im Reifestadium PP₂

T.D.: 9 Jahre 5 Monate, PP₂

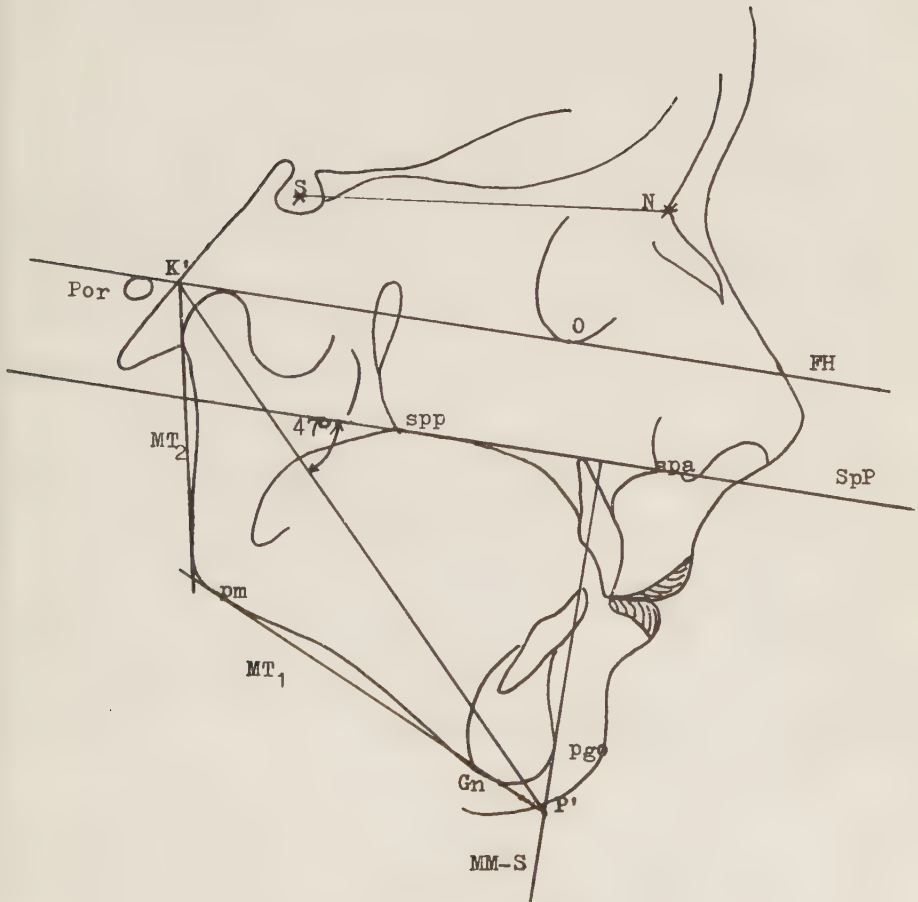
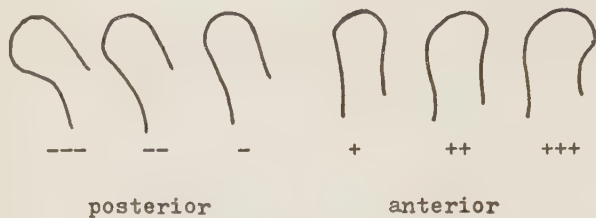


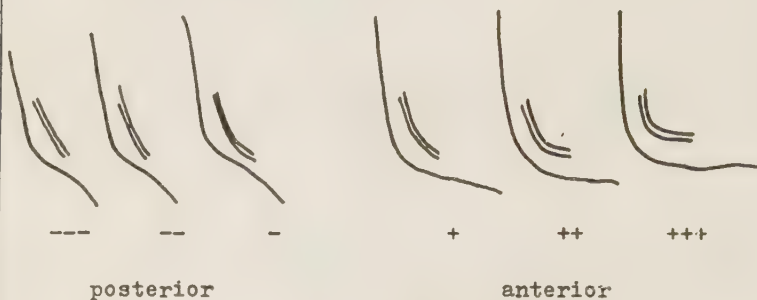
Abb. II: Konstruktion des Diagonalwinkels nach ASCHER (8)
bei einem Patienten im Reifestadium PP₂

1. Form der Kondylen



2. Canalis mandibularis

im Bereich des Kieferwinkels



3. Unterrand der Mandibula mit Symphyse

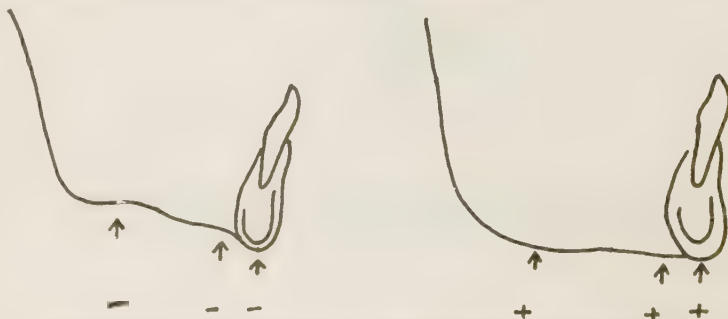
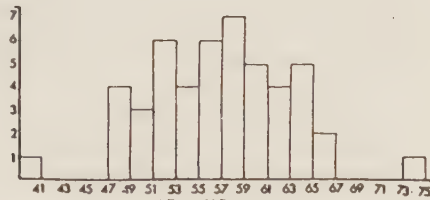


Abb. IIIa: Schemata zur Beurteilung des Wachstums nach HASUND,
zit. in WINGBERG 1984 (106)

4. Neigung der Symphyse:

N-Winkel (Norderval-Winkel):

$\bar{x}$	Range
57°	40°-74°

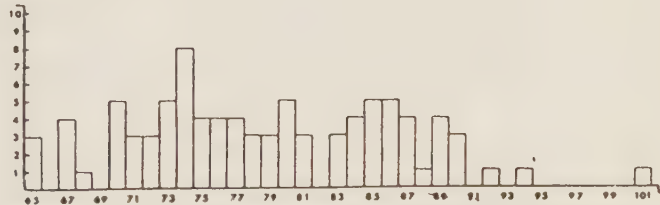


N-Winkel	< 50°	50°-55°	55°-60°	60°-65°	65°-70°	70° >
Rotation	+++	++	+	-	--	---

5. Anteriore Untergesichtshöhe:

Index: $\frac{N-Sp'}{Sp'-Gn} \times 100\%$

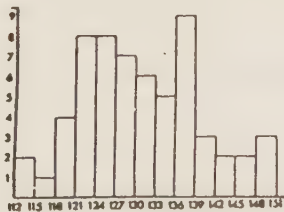
$\bar{x}$	Range
79%	65°-101°



Index	90%	89%-84%	83%-75%	74%-70%	69%-66%	65%
Rotation	+++	++	+	-	--	---

6. Kieferwinkel:

$\bar{x}$	Range
126°	112°-151°



Gn.tGo-Ar	< 118°	118°-122°	123°-129°	130°-134°	135°-140°	140° >
Rotation	+++	++	+	-	--	---

Translation			
+ 6 bis + 4	stark	sagittale Translation	
+ 3 bis + 2	leicht		
+ 1 bis <u>0</u>	neutrale	Translation	
- 1 bis - 2	leicht	vertikale Translation	
- 3 bis - 6	stark		
Rotation			
+18 bis + 9	stark	sagittale Rotation	
+ 8 bis + 3	leicht		
+ 2 bis <u>0</u>	neutrale	Rotation	
- 1 bis - 6	leicht	posteriore Rotation	
- 7 bis -18	stark		

Abb. IIIc: Bewertungsmaßstab für die Beurteilung der Translations- und Rotationstendenz

T.D.: 9 J. 5 M. bis 19 J. 8. M.; PP_2-R_u

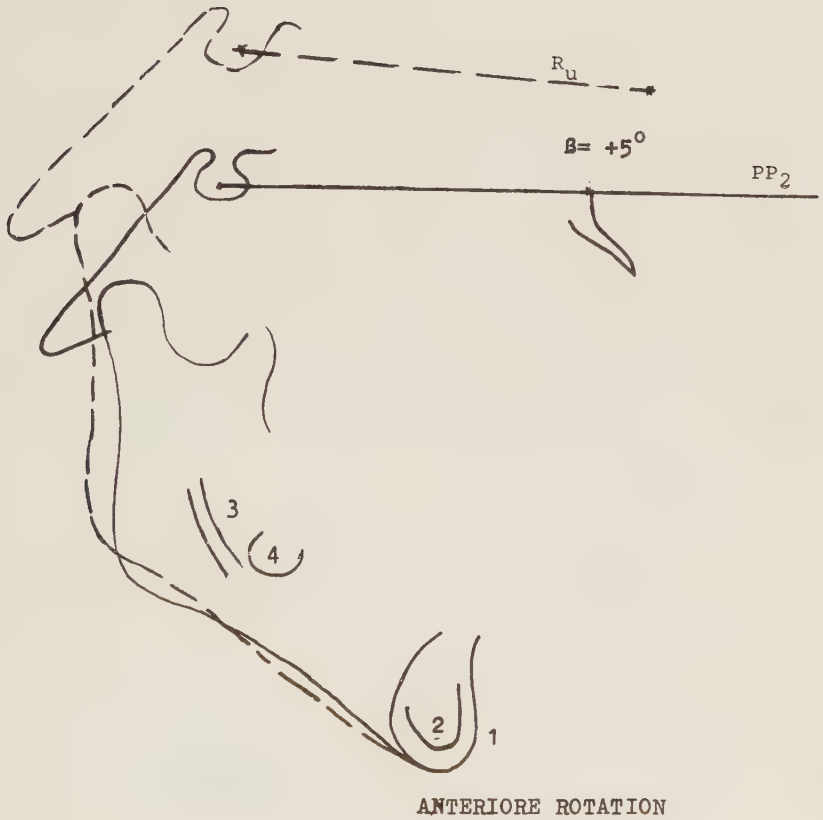


Abb. IVa: Überprüfung der Rotationsrichtung nach BJÖRK (26)
bei einem Patienten im Alter zwischen 9 J. 5 M. und
19 J. 8 M. (PP_2-R_u)

M.G.: 9 J. 9 M. bis 16 J. 3 M.; MP_3-R_u



POSTERIORE ROTATION

Abb. IVb: Überprüfung der Rotationsrichtung nach BJÖRK (26)
bei einer Patientin im Alter zwischen 9 J. 9 M.
und 16 J. 3 M. (MP_3-R_u)

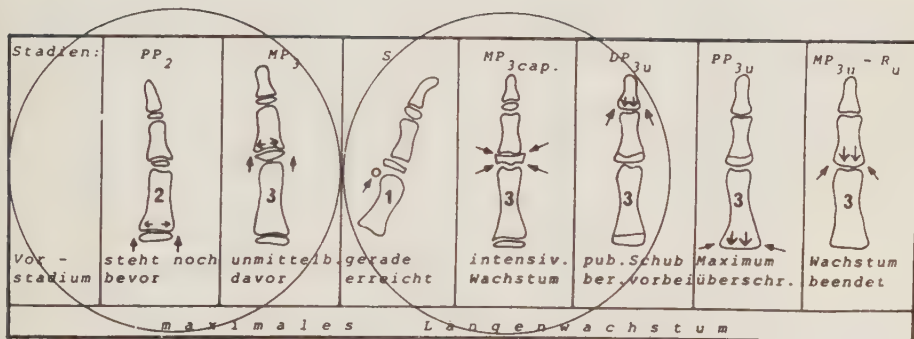


Abb. V: Schema der Wachstumsstadien im Handröntgenbild
 (Umzeichnung nach BJÖRK, HELM (26) und HASUND (41),
 aus: JANSON 1982 (51))

		BIONATORGRUPPE		VERGLEICHSGRUPPE *)	
		vorpubertär	pubertär	vorpubertär	pubertär
Geschlecht	♀	11	6	14	3
	♂	8	1	13	2
Summe		19	7	27	5
		26		32	
		58			

*) Patienten, die zuerst mit Bionator, dann mit Headgear + Multibandapparatur behandelt wurden

Tab. I: Verteilung der Patienten bei Behandlungsbeginn, differenziert nach Behandlungsart, skelettaler Reife und Geschlecht

PATIENT:				geboren:	
Chron. Alter:					
Messungen und Daten nach HASUND	0 Beh.- beginn	1 Beh.- ende	2 5 Jahre nach Retent. ende	Diff. 1 - 0	Diff. 2 - 0
Skel. Alter					
SNA					
SNB					
ANB					
ML-NSL					
NL-NSL					
ML-NL					
SNPg					
Gn-tgo-Ar					
N-Winkel					
$\frac{N-Sp'}{Sp'-Gn} \times 100$					
Diagonal- winkel nach ASCHER					
Wachstumsanalyse: (BJÖRK-ØDEGAARD-HASUND)				+	-
R_u		1. Form der Kondylen			
MP_{3u}		2. Canalis mandibularis			
PP_{3u}		3. Unterrand der Mandibula mit Symphyse			
DP_{3u}		4. Anteriore Untergesichtshöhe			
MP_{3cap}		5. Neigung der Symphyse			
S		6. Kieferwinkel			
MP_3		Summe			
PP_2		Total		Rotation	
		1 und 6		Translat.	
"B-Winkel"					

Tab. II: Beispiel eines Erhebungsbogens

BIONATORGRUPPE vorpubertär		
n_p	Rotations- vorhersage	Transla- tions- vorhersage
1	+3	+1
2	+3	+2
3	+4	+1
4	+6	+3
5	+9	+3
6	+9	+3
7	+3	+2
8	+5	+3
9	+6	+1
10	+1	0
11	-6	-4
12	+2	-3
13	-1	-3
14	+6	+3
15	+3	+1
16	-3	-1
17	+7	+2
18	-1	0
19	+4	+3
BIONATORGRUPPE pubertär		
1	-2	0
2	-3	-2
3	+5	+3
4	+2	+1
5	+8	+1
6	-4	-2
7	0	+1

Tab. IIIa: Absolutwerte der Wachstumsanalyse
der BIONATORGRUPPE bei Behandlungs-
beginn

KONTROLLGRUPPE vorpubertär		
n_p	Rotations- vorhersage	Transla- tions- vorhersage
1	+4	0
2	+1	0
3	+6	+2
4	+13	+4
5	+2	-1
6	-2	+1
7	+9	+4
8	-3	-1
9	-6	0
10	+4	0
11	+2	+4
12	+10	+2
13	+1	-1
14	-8	-2
15	-8	-3
16	+3	+1
17	+1	-1
18	+10	+4
19	-5	0
20	+6	+3
21	0	-3
22	+5	+2
23	+3	+1
24	+2	+3
25	-7	-5
26	+1	+1
27	+1	+1
KONTROLLGRUPPE pubertär		
1	+1	+1
2	-1	+1
3	+4	+1
4	+7	+2
5	-7	-5

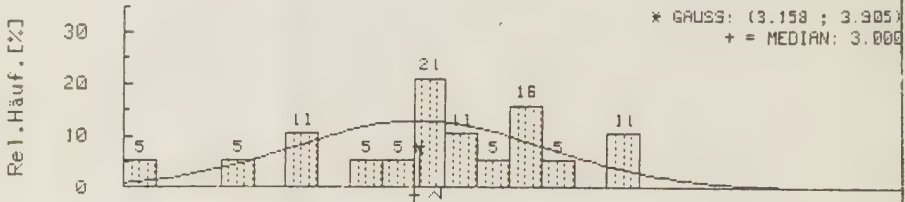
Tab. IIib: Absolutwerte der Wachstumsanalyse
der KONTROLLGRUPPE bei Behandlungs-
beginn

VARIABLE	GRUPPE	N	Min	Max	MITTELW.	STD-ABW.	MEDIAN	95%-Vertr.f.	MED
					+-			von	bis
BJÖRK-R.									
*	Vorpub	19	-6.000	9.000	3.158	3.905	3.000	3.000	5.000
*	Pub	7	-4.000	8.000	.857	4.413	0.000	-3.000	5.000

Ein * bedeutet: GAUSS-Verteilung ! (Kolmogorov-Smirnov-Anpassungs-Test, $p > .05$)

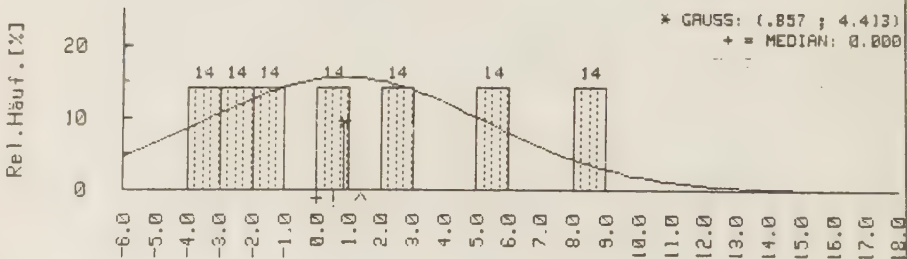
BJÖRK-R. (Vorpub)

N = 19



BJÖRK-R. (Pub)

N = 7



[ROT]

ERGEBNIS:

2-TAIL-t-TEST : UNTERSCHIEDE sind zu sichern mit $p \geq .21035$

Tab. IV: Unterschiede der Rotationsvorhersage zwischen BIONATORGRUPPE vorpubertär und pubertär

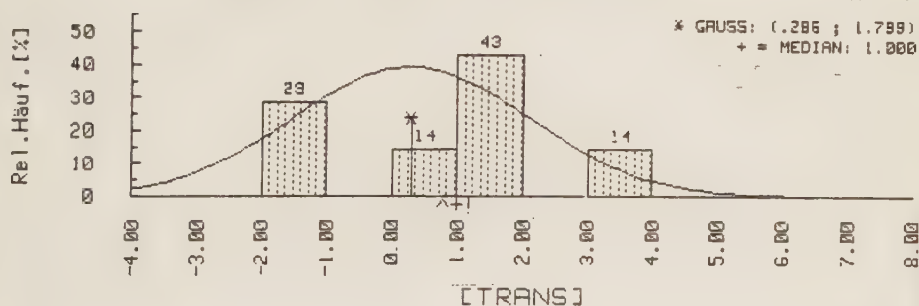
VARIABLE								
GRUPPE	N	Min	Max	MITTELW.	STD-ABW.	MEDIAN	95%-Vertr.f.	MED
					+-		von	bis
BJÖRK-T.								
* Vorpüb	19	-4.000	3.000	.895	2.233	1.000	1.000	2.000
* Pub	7	-2.000	3.000	.286	1.799	1.000	-2.000	1.000

Ein * bedeutet: GAUSS-Verteilung ! (Kolmogorov-Smirnov-Anpassungs-Test, $p > .05$)

BJÖRK-T. (Vorpüb)



BJÖRK-T. (Pub)



ERGEBNIS:

2-TAIL-t-TEST : UNTERSCHIEDE sind zu sichern mit $p \geq .52486$

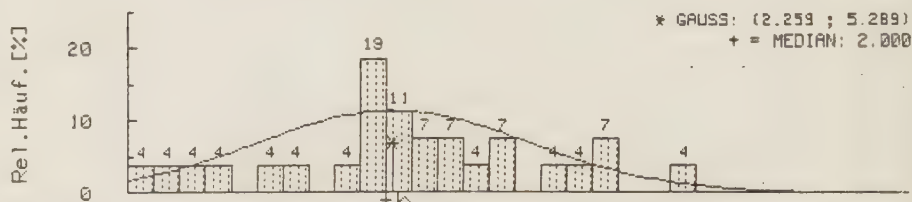
Tab. V: Unterschiede der Translationsvorhersage zwischen BIONATOR-GRUPPE vorpüberrär und puberrär

VARIABLE								
GRUPPE	N	Min	Max	MITTELW.	STD-ABW.	MEDIAN	95%-Vertr.f.	MED
					+-		von	bis
BJÖRK-R.								
* Vorpub	27	-8.000	13.000	2.259	5.289	2.000	1.000	4.000
* Pub	5	-7.000	7.000	.800	5.310	1.000	-1.000	4.000

Ein * bedeutet: GAUSS-Verteilung ! (Kolmogorov-Smirnov-Anpassungs-Test, $p > .05$)

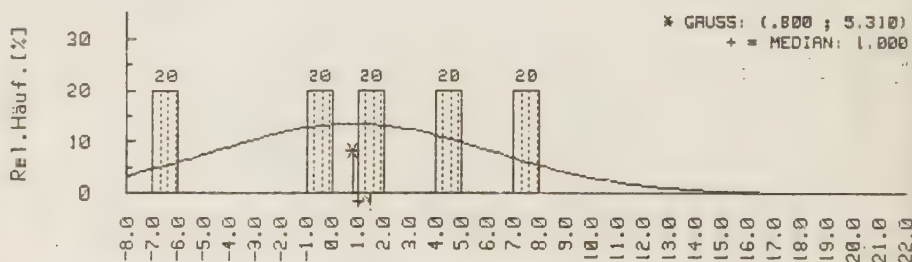
BJÖRK-R. (Vorpub)

N = 27



BJÖRK-R. (Pub)

N = 5



[ROT]

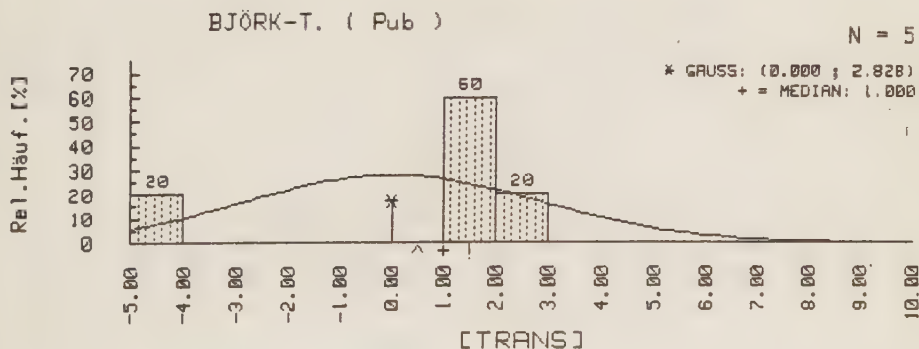
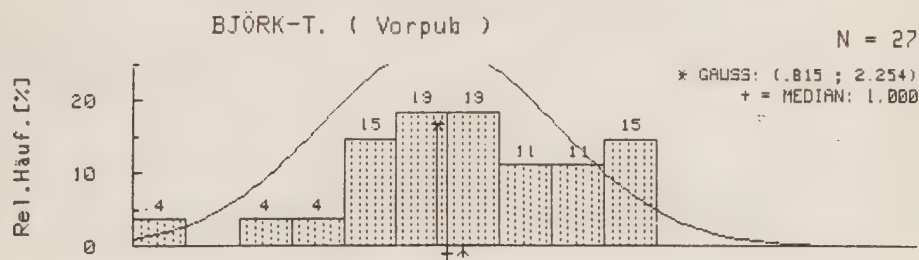
ERGEBNIS:

2-TAIL-t-TEST : UNTERSCHIEDE sind zu sichern mit $p >= .57546$

Tab. VI: Unterschiede der Rotationsvorhersage zwischen KONTROLL-GRUPPE vorpubertär und pubertär

VARIABLE								
GRUPPE	N	Min	Max	MITTELW.	STD-ABW.	MEDIAN	95%-Vertr.f.	MED
					+-		von	bis
BJÖRK-T.								
* Vorpüb	27	-5.000	4.000	.815	2.254	1.000	0.000	2.000
* Pub	5	-5.000	2.000	0.000	2.828	1.000	1.000	1.000

Ein * bedeutet: GAUSS-Verteilung ! (Kolmogorov-Smirnov-Anpassungs-Test, $p > .05$)



ERGEBNIS:

2-TAIL-t-TEST : UNTERSCHIEDE sind zu sichern mit $p \geq .47994$

Tab. VII: Unterschiede der Translationsvorhersage zwischen KONTROLLGRUPPE vorpubertär und pubertär

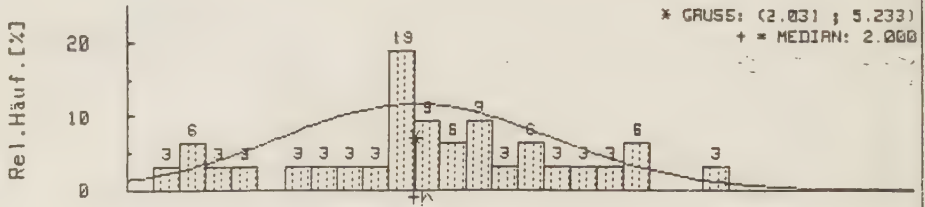
VARIABLE	N	Min	Max	MITTELW.	STD-ABW.	MEDIAN	95%-Vertr.f.	MED
GRUPPE					+-		von	bis
BJÖRK-R.								
* KONTROLLE	32	-8.000	13.000	2.031	5.233	2.000	1.000	4.000
* BIONATOR	26	-6.000	9.000	2.538	4.091	3.000	1.000	5.000

Ein * bedeutet: GAUSS-Verteilung ! (Kolmogorov-Smirnov-Anpassungs-Test, $p > .05$)

BJÖRK-R. (KONTROLLE)

N = 32

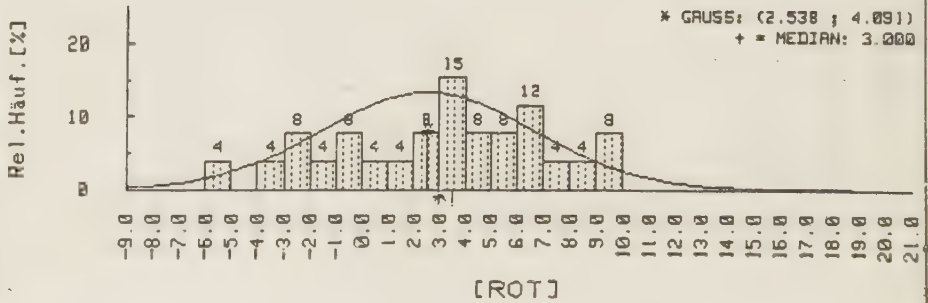
* GAUSS: (2.031 ; 5.233)
+ = MEDIAN: 2.000



BJÖRK-R. (BIONATOR)

N = 26

* GAUSS: (2.538 ; 4.091)
+ = MEDIAN: 3.000



[ROT]

ERGEBNIS:

2-TAIL-t-TEST : UNTERSCHIEDE sind zu sichern mit $p > .68792$

Tab.VIII: Unterschied der Rotationsvorhersage zwischen BIONATOR-GRUPPE und KONTROLLGRUPPE

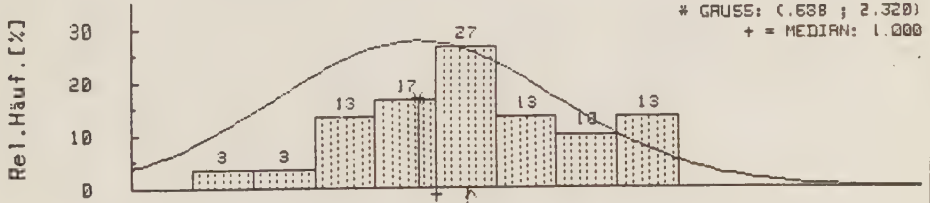
VARIABLE GRUPPE	N	Min	Max	MITTELW. +-	STD-ABW.	MEDIAN	95%-Vertr.f. MED von bis
BJÖRK-T.							
* KONTROLLE	32	-5.000	4.000	.688	2.320	1.000	0.000 1.000
* BIONATOR	26	-4.000	3.000	.731	2.108	1.000	0.000 2.000

Ein * bedeutet: GAUSS-Verteilung ! (Kolmogorov-Smirnov-Anpassungs-Test, $p > .05$)

BJÖRK-T. (KONTROLLE)

N = 32

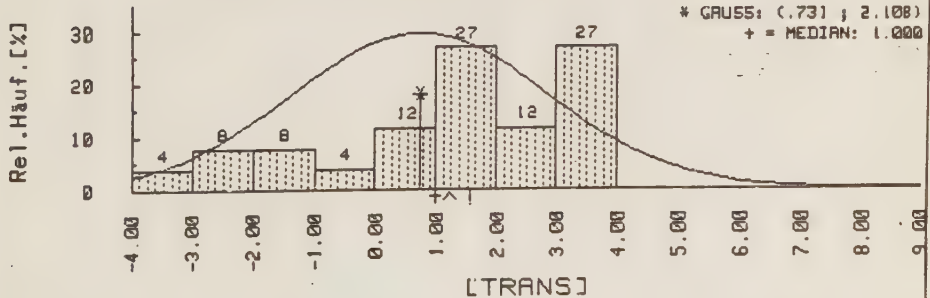
* GAUSS: (.688 ; 2.320)
+ = MEDIAN: 1.000



BJÖRK-T. (BIONATOR)

N = 26

* GAUSS: (.731 ; 2.108)
+ = MEDIAN: 1.000



ERGEBNIS:

2-TAIL-t-TEST : UNTERSCHIEDE sind zu sichern mit $p \geq .94163$

Tab. IX: Unterschied der Translationsvorhersage zwischen BIONATOR-GRUPPE und KONTROLLGRUPPE

BIONATORGRUPPE vorpubertär			
	Beh.beginn	Beh.ende	5 Jahre n. Beh.ende
1	43°	42°	42°
2	44°	41°	40°
3	47°	45,5°	45°
4	47°	46°	45°
5	47°	45°	44°
6	47°	47°	47°
7	47°	46°	45,5°
8	48°	47,5°	46°
9	48°	47°	47°
10	48°	47°	45°
11	48°	44,5°	45°
12	48°	48°	46°
13	48°	47°	47°
14	48°	48°	48°
15	52°	50°	51°
16	52°	51°	51°
17	53,5°	56°	55°
18	53,5°	52°	52°
19	54°	52°	52°
BIONATORGRUPPE pubertär			
1	47°	43°	43°
2	47°	46°	46°
3	52°	52°	51°
4	52°	52°	52°
5	53,5°	53°	53,5°
6	54°	51°	53°
7	45°	44°	44°

Tab. Xa: Absolutwerte des Diagonalwinkels
der BIONATORGRUPPE

KONTROLLGRUPPE vorpubertär			
	Beh.beginn	Beh.ende	5 Jahre n. Beh. ende
1	40°	38°	40°
2	42°	41°	40,5°
3	42°	41°	40°
4	42°	38°	39°
5	43°	41°	41°
6	43°	41°	43°
7	44°	44°	45°
8	44°	43°	43°
9	44°	45°	44°
10	44°	45°	43°
11	44°	43°	43°
12	44,5°	45,5°	45°
13	45°	45°	42°
14	45,5°	45°	45°
15	46°	44°	45°
16	46°	45,5°	46°
17	47°	44°	49°
18	49°	48°	49,5°
19	49°	48,5°	49°
20	50°	49°	47°
21	51°	50,5°	51°
22	51°	50°	49°
23	52°	47°	49,5°
24	53°	53,5°	53°
25	53°	52,5°	51
26	54°	53°	53°
27	56°	56°	59°
KONTROLLGRUPPE pubertär			
1	44°	45°	47°
2	49°	48,5°	49°
3	49°	47°	49°
4	53°	52,5°	49,5°
5	57°	57°	57°

Tab.Xb: Absolutwerte des Diagonalwinkels
der KONTROLLGRUPPE

BIONATORGRUPPE						
	N	Min	Max	$\bar{x}$	s	Median
Diagonal 0 vorp.	19	43,0°	54,0°	48,6°	3,06	48°
Diagonal 0 pub.	* 7	45,0°	54,0°	50,1°	3,63	52°
Diagonal 1 vorp.	* 19	41,0°	56,0°	47,5°	3,57	47°
Diagonal 1 pub.	* 7	43,0°	53,0°	48,7°	4,23	51°
Diagonal 2 vorp.	* 19	40,0°	55,0°	47,0°	3,73°	46°
Diagonal 2 pub.	* 7	43,0°	53,5°	48,9°	4,46	51°
KONTROLLGRUPPE						
	N	Min	Max	$\bar{x}$	s	Median
Diagonal 0 vorp.	* 27	40,0°	56,0°	46,8°	4,34	45,5°
Diagonal 0 pub.	* 5	44,0°	57,0°	50,4°	4,88	49°
Diagonal 1 vorp.	* 27	38,0°	56,0°	45,8°	4,66	45°
Diagonal 1 pub.	* 5	45,0°	57,0°	50,0°	4,78	48,5°
Diagonal 2 vorp.	* 27	39,0°	59,0°	46,1°	4,83	45°
Diagonal 2 pub.	* 5	47,0°	57,0°	50,3°	3,87	49°

* bedeutet Gauß-Verteilung

Tab.XIa: Mittelwertverteilung des Diagonalwinkels von BIONATOR- und KONTROLLGRUPPE bei Behandlungsbeginn (= Diagonal 0), bei Behandlungsende (= Diagonal 1) und 5 Jahre nach Behandlungsende (= Diagonal 2).
Die Unterteilung der Gruppen richtet sich nach dem skelettalen Alter bei Behandlungsbeginn

BIONATORGRUPPE (vorpubertär und pubertär)						
	N	Min	Max	$\bar{x}$	s	Median
Diagonal 0	26	43,0	54,0	49,0	3,22	48,0
Diagonal 1	26	41,0	56,0	47,8	3,71	47,0
Diagonal 2	26	40,0	55,0	47,6	3,94	46,5
KONTROLLGRUPPE (vorpubertär und pubertär)						
	N	Min	Max	$\bar{x}$	s	Median
Diagonal 0	32	40,0	57,0	47,4	4,54	46,0
Diagonal 1	32	38	57	46,5	4,86	45,3
Diagonal 2	32	39	59	46,8	4,89	46,5

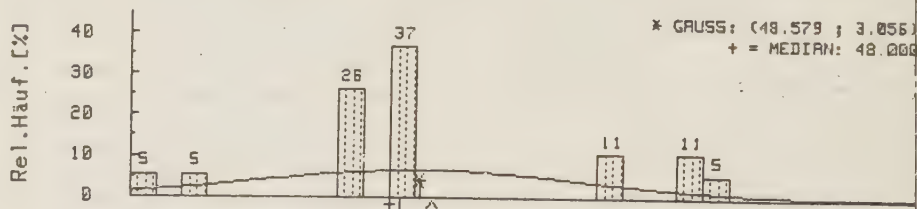
Tab. XIb: Mittelwertverteilung des Diagonalwinkels von BIONATOR- und KONTROLLGRUPPE (ohne Unterteilung nach dem skelettalen Alter) bei Behandlungsbeginn (= Diagonal 0), bei Behandlungsende (= Diagonal 1) und 5 Jahre nach Behandlungsende (= Diagonal 2)

VARIABLE	N	Min	Max	MITTELW.	STD-ABW.	MEDIAN	95%-Vertr.f.	MED
GRUPPE				+-			von	bis
DIAGONAL 0								
Vorpub	19	43.000	54.000	48.579	3.056	48.000	47.000	48.000
* Pub	7	45.000	54.000	50.071	3.634	52.000	47.000	53.500

Ein * bedeutet: GAUSS-Verteilung ! (Kolmogorov-Smirnov-Anpassungs-Test, $p > .05$)

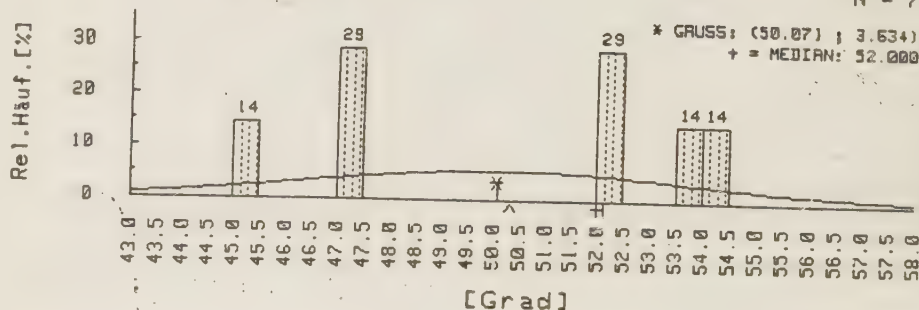
DIAGONAL 0 (Vorpub)

N = 19



DIAGONAL 0 (Pub)

N = 7



CRAMER-VON MISES-TEST

ERGEBNIS: Unterschiede sind mit $p > .629$ zu sichern !

Tab. XII: Verteilung des Diagonalwinkels der BIONATORGRUPPE vorpubertär und pubertär bei Behandlungsbeginn

VARIABLE GRUPPE	N	Min	Max	MITTELW. +-	STD-ABW.	MEDIAN	95%-Vertr.f. MED von bis
DIAGONAL 0							
* Vorpub	27	40.000	56.000	46.815	4.344	45.500	44.000 49.000
* Pub	5	44.000	57.000	50.400	4.879	49.000	49.000 53.000

Ein * bedeutet: GAUSS-Verteilung ! (Kolmogorov-Smirnov-Anpassungs-Test, $p > .05$)

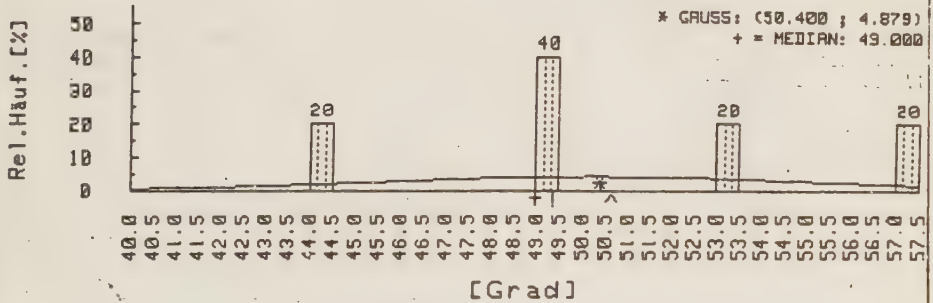
DIAGONAL 0 (Vorpub)

N = 27



DIAGONAL 0 (Pub)

N = 5



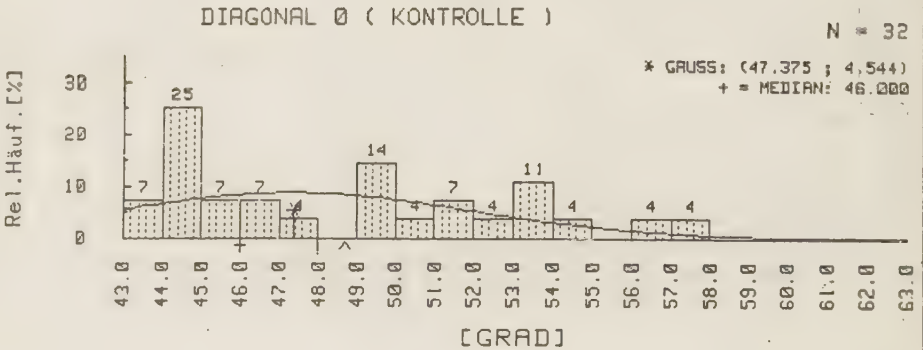
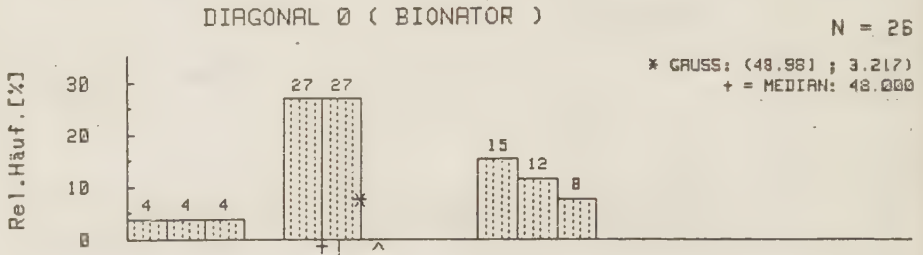
ERGEBNIS:

2-TAIL-t-TEST : UNTERSCHIEDE sind zu sichern mit $p > .10639$

Tab. XIII: Verteilung des Diagonalwinkels bei der KONTROLLGRUPPE vorpubertär und pubertär bei Behandlungsbeginn

VARIABLE GRUPPE	N	Min	Max	MITTELW. +-	STD-ABW.	MEDIAN	95%-Vertr.f. MED. von bis
DIAGONAL Ø							
BIONATOR	26	43.000	54.000	48.981	3.217	48.000	47.000 52.000
* KONTROLLE	32	40.000	57.000	47.375	4.544	46.000	44.000 49.000

Ein * bedeutet: GAUSS-Verteilung ! (Kolmogorov-Smirnov-Anpassungs-Test, $p > .05$)



CRAMER-VON MISES-TEST

ERGEBNIS: Unterschiede sind mit $p > .265$ zu sichern !

Tab. XIV: Verteilung des Diagonalwinkels bei der BIONATORGRUPPE (vorpupertär und pubertär) und bei der KONTROLLGRUPPE (vorpupertär und pubertär)

2 - 0	N	$\bar{x}$	s	range	Median	Signifi- kanztest
1. BIONATORGRUPPE vorp.	* 19	-1,6	1,27	-4,0/1,5	-1,5	47,9%
2. BIONATORGRUPPE pub.	* 7	-1,1	1,35	-4,0/0	-1,0	
3. KONTROLLGRUPPE vorp.	* 27	-0,7	1,48	-3,0/3,0	-1,0	43,6%
4. KONTROLLGRUPPE pub.	* 5	-0,1	2,30	-3,5/3,0	0	
5. BIONATORGRUPPE (v. + p.)	* 26	-1,4	1,28	-4,0/1,5	-1,0	3,95%
6. KONTROLLGRUPPE (v. + p.)	* 32	-0,6	1,61	-3,5/3,0	-0,25	

Ein * bedeutet Gauß-Verteilung

Tab. xVa: Veränderungen des Diagonalwinkels bei der BIONATOR- und KONTROLLGRUPPE von Behandlungsbeginn bis 5 Jahre nach Behandlungsende (2 - 0)

1 - 0	N	$\bar{x}$	s	range	Median	Signifi- kanztest
1. BIONATORGRUPPE vorp.	* 19	-1,1	1,27	-3,5/2,5	-1,0	64,5%
2. BIONATORGEUPPE pub.	* 7	-1,4	1,55	-4,0/0	-1,0	
3. KONTROLLGRUPPE vorp.	27	-1,0	1,41	-5,0/1,0	-1,0	64,2%
4. KONTROLLGRUPPE pub.	* 5	-0,4	1,08	-2,0/1,0	-0,5	
5. BIONATORGRUPPE (v + p)	* 26	-1,2	1,33	-4,0/2,5	-1,0	65,9%
6. KONTROLLGRUPPE (v + p)	32	-0,9	1,37	-5,0/1,0	-0,75	

Ein * bedeutet Gauß-Verteilung

Tab. xVb: Veränderungen des Diagonalwinkels bei der BIONATOR- und KONTROLLGRUPPE
von Behandlungsbeginn bis Behandlungsende (1 - 0)

PATIENT: BIONATORGRUPPE (Σ 19) geboren:					
Chron. Alter:					
Messungen und Daten nach HASUND	0 Beh.- beginn	1 Beh.- ende	2 5 Jahre nach Retent. ende	Diff. 1 - 0	Diff. 2 - 0
Skel. Alter	vorpupert.				
SNA	80,8	80,0	81,3	-0,8	+0,5
SNB	75,9	77,1	78,8	+1,2	+2,9
ANB	4,9	3,1	2,3	-1,8	-2,6
ML-NSL	32,7	32,4	30,2	-0,3	-2,5
NL-NSL	6,5	7,3	6,8	+0,8	+0,3
ML-NL	26,0	25,1	23,5	-0,9	-2,5
SNPg	76,9	78,3	79,9	+1,4	+3,0
Gn-tgo-Ar	124,8	123,8	121,7	-1,0	-3,1
N-Winkel	61,7	61,4	62,5	-0,3	+0,8
$\frac{N-Sp'}{Sp'-Gn} \times 100$	79,3	79,7	77,6	+0,4	-1,7
Diagonal- winkel nach ASCHER	48,6	47,5	47,0	-1,1	-1,6

Wachstumsanalyse: (BJÖRK-ØDEGAARD-HASUND)		+	-
Ru	1. Form der Kondylen	0	
MP _{3u}	2. Canalis mandibularis	0,2	
PP _{3u}	3. Unterrand der Mandibula mit Symphyse	1,8	
DP _{3u}	4. Anteriore Untergesichtshöhe	0	
MP _{3cap}	5. Neigung der Symphyse	0,3	
S	6. Kieferwinkel	0,9	
MP ₃	Summe	3,2	0
PP ₂	Total	3,2	Rotation
	1 und 6	0,9	Translat.

"β-Winkel"	+0,8	+0,9
------------	------	------

Tab. XVIa: Erhebungsbogen mit den Mittelwerten ($\bar{x}$) der untersuchten Variablen der BIONATORGRUPPE vorpubertär

PATIENT: BIONATORGRUPPE (Σ 7) geboren:					
Chron. Alter:					
Messungen und Daten nach HASUND	0 Beh.- beginn	1 Beh.- ende	2 5 Jahre nach Retent. ende	Diff. 1 - 0	Diff. 2 - 0
Skel. Alter	pubertär				
SNA	79,7	80,6	80,6	+0,9	+0,9
SNB	74,4	76,4	76,2	+2,0	+1,8
ANB	5,3	4,2	4,4	-1,1	-0,9
ML-NSL	36,4	36,0	36,3	-0,4	-0,1
NL-NSL	8,5	8,3	8,4	-0,2	-0,1
ML-NL	29,3	27,8	28,0	-1,5	-1,3
SNPg	74,9	76,9	76,1	+2,0	+1,2
Gn-tgo-Ar	128,8	128,1	127,0	-0,7	-1,8
N-Winkel	65,7	64,5	64,0	-1,2	-1,7
$\frac{N-Sp'}{Sp'-Gn} \times 100$	82,2	77,4	79,0	-4,8	-3,2
Diagonal- winkel nach ASCHER	50,1	48,7	48,9	-1,4	-1,1

Wachstumsanalyse: (BJÖRK-ØDEGAARD-HASUND)		+	-
Ru	1. Form der Kondylen	0,6	
MP _{3u}	2. Canalis mandibularis		0,3
PP _{3u}	3. Unterrand der Mandibula mit Symphyse	1,0	
DP _{3u}	4. Anteriore Untergesichtshöhe	1,3	
MP _{3cap}	5. Neigung der Symphyse		1,4
S	6. Kieferwinkel		0,3
MP ₃		Summe	2,9
PP ₂		Total	0,9
		1 und 6	0,3
			Rotation
			Translat.

"ß-Winkel"	+0,4	+0,4
------------	------	------

Tab. XVIb: Erhebungsbogen mit den Mittelwerten ($\bar{x}$) der untersuchten Variablen der BIONATORGRUPPE pubertär

PATIENT: KONTROLLGRUPPE (Σ 27) geboren:					
Chron. Alter:					
Messungen und Daten nach HASUND	0 Beh.-beginn	1 Beh.-ende	2 5 Jahre nach Retent. ende	Diff. 1 - 0	Diff. 2 - 0
Skel. Alter	vorpubert.				
SNA	79,1	78,4	78,2	-0,7	-0,9
SNB	74,6	75,2	75,6	+0,6	+1,0
ANB	4,4	3,7	2,7	-0,7	-1,7
ML-NSL	32,2	32,1	29,8	-0,1	-2,4
NL-NSL	7,7	8,4	8,9	+0,7	+1,2
ML-NL	24,4	23,5	20,9	-0,9	-3,5
SNPg	75,7	76,3	77,4	+0,6	+1,7
Gn-tgo-Ar	124,4	124,1	120,2	-0,3	-4,2
N-Winkel	62,8	62,1	60,5	-0,7	-2,3
$\frac{N-Sp'}{Sp'-Gn} \times 100$	83,9	85,3	84,9	+1,4	+1,0
Diagonalwinkel nach ASCHER	46,8	45,8	46,1	-1,0	-0,7

Wachstumsanalyse: (BJÖRK-ØDEGAARD-HASUND)		+	-
Ru	1. Form der Kondylen		0,2
MP3u	2. Canalis mandibularis		0,5
PP3u	3. Unterrand der Mandibula mit Symphyse	0,8	
DP3u	4. Anteriore Untergesichtshöhe	1,6	
MP3cap	5. Neigung der Symphyse		0,4
S	6. Kieferwinkel	1,0	
MP3		Summe 3,4	1,1
PP2		Total 2,3	Rotation
		1 und 6 0,8	Translat.

"ß-Winkel"	+0,7	+0,8
------------	------	------

Tab. XVIIa: Erhebungsbogen mit den Mittelwerten ($\bar{x}$) der untersuchten Variablen der KONTROLLGRUPPE vorpubertär

PATIENT: KONTROLLGRUPPE (Σ 5) geboren:					
Chron. Alter:					
Messungen und Daten nach HASUND	0 Beh.- beginn	1 Beh.- ende	2 5 Jahre nach Retent. ende	Diff. 1 - 0	Diff. 2 - 0
Skel. Alter	pubertär				
SNA	80,0	79,2	79,2	-0,8	-0,8
SNB	75,2	75,3	75,6	+0,1	+0,4
ANB	4,8	3,9	3,6	-0,9	-1,2
ML-NSL	36,3	36,9	35,7	+0,6	-0,6
NL-NSL	6,7	7,3	8,1	+0,6	+1,4
ML-NL	29,2	29,5	27,6	+0,3	-1,6
SNPg	76,0	76,1	76,4	+0,1	+0,4
Gn-tgo-Ar	128,5	127,6	128,1	-0,9	-0,4
N-Winkel	63,4	63,7	63,9	+0,3	+0,5
$\frac{N-Sp'}{Sp'-Gn} \times 100$	78,6	76,3	76,0	-2,3	-2,6
Diagonal- winkel nach ASCHER	50,4	50,0	50,3	-0,4	-0,1
Wachstumsanalyse: (BJÖRK-ØDEGAARD-HASUND)				+	-
Ru		1. Form der Kondylen		0	
MP3u		2. Canalis mandibularis		1,2	
PP3u		3. Unterrand der Mandibula mit Symphyse		1,6	
DP3u		4. Anteriore Untergesichtshöhe		1,2	
MP3cap		5. Neigung der Symphyse		0,8	
S		6. Kieferwinkel		0	
MP3		Summe	2,8	2,0	
PP2		Total	0,8	Rotation	
		1 und 6	0	Translat.	
"B-Winkel"				+0,6	+0,6

Tab. XVIIb: Erhebungsbogen mit den Mittelwerten ($\bar{x}$) der untersuchten Variablen bei der KONTROLLGRUPPE pubertär

PATIENT: BIONATORGRUPPE (Σ 26) geboren:					
Chron. Alter:					
Messungen und Daten nach HASUND	0 Beh.-beginn	1 Beh.-ende	2 5 Jahre nach Retent. ende	Diff. 1 - 0	Diff. 2 - 0
Skel. Alter	vorpub. + pubert.				
SNA	80,5	80,1	90,1	-0,4	+0,6
SNB	75,5	76,9	78,2	+1,4	+2,7
ANB	5,0	3,4	2,8	-1,6	-2,2
ML-NSL	33,7	33,4	31,8	-0,3	-1,9
NL-NSL	7,1	7,6	7,3	+0,5	+0,2
ML-NL	26,9	25,8	24,7	-1,1	-2,2
SNPg	76,3	77,8	78,8	+1,5	+2,5
Gn-tgo-Ar	125,9	124,9	123,2	-1,0	-2,7
N-Winkel	62,8	62,3	62,9	-0,5	+0,1
$\frac{N-Sp'}{Sp'-Gn} \times 100$	80,1	79,1	78,0	-1,0	-2,1
Diagonalwinkel nach ASCHER	49,0	47,8	47,6	-1,2	-1,4

Wachstumsanalyse: (BJÖRK-ØDEGAARD-HASUND)		+	-
Ru	1. Form der Kondylen	0,2	
MP _{3u}	2. Canalis mandibularis	0,1	
PP _{3u}	3. Unterrand der Mandibula mit Symphyse	1,6	
DP _{3u}	4. Anteriore Untergesichtshöhe	0,2	
MP _{3cap}	5. Neigung der Symphyse		0,1
S	6. Kieferwinkel	0,5	
MP ₃	Summe	2,6	0,1
PP ₂	Total	2,5	Rotation
	1 und 6	0,7	Translat.

"B-Winkel"		+0,7	+0,8
------------	--	------	------

Tab. XVIIIa Erhebungsbogen mit den Mittelwerten ($\bar{x}$) der untersuchten Variablen der BIONATORGRUPPE (pubertär + vorpubertär)

PATIENT: KONTROLLGRUPPE (Σ 32) geboren:					
Chron. Alter:					
Messungen und Daten nach HASUND	0 Beh.-beginn	1 Beh.-ende	2 5 Jahre nach Retent. ende	Diff. 1 - 0	Diff. 2 - 0
Skel. Alter	vorpub. + pubert.				
SNA	79,3	78,5	78,4	-0,8	-0,9
SNB	74,7	75,2	75,6	+0,5	+0,9
ANB	4,4	3,6	2,8	-0,8	-1,6
ML-NSL	32,8	32,9	30,7	+0,1	-2,1
NL-NSL	7,5	8,2	8,8	+0,7	+1,3
ML-NL	25,2	24,5	22,0	-0,7	-3,2
SNPg	75,7	76,2	77,2	+0,5	+1,5
Gn-tgo-Ar	125,1	124,7	121,5	-0,4	-3,6
N-Winkel	62,9	62,4	61,1	-0,5	-1,8
N-Sp' / Sp'-Gn x 100	82,8	83,7	83,2	+0,9	+0,4
Diagonalwinkel nach ASCHER	47,4	46,5	46,8	-0,9	-0,6

Wachstumsanalyse: (BJÖRK-ØDEGAARD-HASUND)		+	-
R _u	1. Form der Kondylen		0,2
MP _{3u}	2. Canalis mandibularis		0,3
PP _{3u}	3. Unterrand der Mandibula mit Symphyse	0,9	
DP _{3u}	4. Anteriore Untergesichtshöhe	1,4	
MP _{3cap}	5. Neigung der Symphyse		0,7
S	6. Kieferwinkel	0,9	
MP ₃	Summe	3,2	1,2
PP ₂	Total	2,0	Rotation
	1 und 6	0,7	Translat.

" β -Winkel"	+0,7	+0,8
--------------------	------	------

Tab.XVIIib:Erhebungsbogen mit den Mittelwerten ($\bar{x}$) der untersuchten Variablen der KONTROLLGRUPPE (vorpubertär und pubertär)

KORRELATIONEN 1. zu 2. Zeitpunkt

BIOGRUPPE				KONTROLLGRUPPE		
	DIAGONALØ	ROT.VOR.	TRANSVOR.	DIAGONALØ	ROT.VOR.	TRANSVOR.
DIAGONALØ		-0,45 *	-0,25		-0,37 *	-0,05
ROT.VOR.	-0,45 *		0,80 *	-0,37 *		0,77 *
TRANSVOR.	-0,25	0,80 *		-0,05	0,77 *	
▲ SNA	-0,08	0,03	-0,19	-0,44 *	0,19	0,07
▲ SNB	-0,36	0,31	0,06	-0,30	0,18	0,04
▲ ANB	0,21	-0,36	-0,42 *	-0,03	-0,01	-0,03
▲ ML-NSL	0,39	-0,29	-0,08	0,09	-0,01	0,03
▲ NL-NSL	-0,05	-0,20	0,04	0,06	0,03	-0,02
▲ ML-NL	0,33	-0,08	-0,13	-0,02	0,06	0,03
▲ SNPg	-0,26	0,27	0,01	-0,31	0,22	0,06
▲ GO	0,67 *	-0,18	-0,09	-0,02	0,02	0,17
▲ N	-0,54 *	0,43 *	0,31	-0,06	-0,05	-0,06
▲ INDEX	-0,13	0,05	0,09	-0,08	-0,40 *	-0,22
TAT.ROT.	-0,64 *	0,37 *	0,20	-0,36	0,27	-0,06

Bei den mit * versehenen Werten ist eine Korrelation vorhanden.

Tab. XIXa: Korrelationen von Diagonalwinkel (= Diagonal Ø), Rotations- und Translationsvorhersage mit den Veränderungen der skelettalen Variablen (= ▲) zwischen Behandlungsbeginn und Behandlungsende bei BIONATOR- und KONTROLLGRUPPE (ohne Unterteilung der Gruppen nach dem skelettalen Alter)

KORRELATIONEN 1. zu 3. Zeitpunkt

BIOGRUPPE				KONTROLLGRUPPE		
	DIAGONALØ	ROT.VOR.	TRANSVOR.	DIAGONALØ	ROT.VOR.	TRANSVOR.
DIAGONALØ		-0,45 *	-0,25		-0,37 *	-0,05
ROT.VOR.	-0,45 *		0,80 *	-0,37 *		0,77 *
TRANSVOR.	-0,25	0,80 *		-0,05	0,77 *	
▲ SNA	0,22	0,09	-0,07	0,14	0,0	0,07
▲ SNB	-0,08	0,21	-0,02	-0,07	0,42 *	0,25
▲ ANB	0,33	-0,09	-0,04	0,08	-0,48 *	-0,28
▲ ML-NSL	0,32	-0,25	-0,09	0,23	-0,37 *	-0,18
▲ NL-NSL	-0,30	0,01	-0,07	-0,15	-0,06	0,07
▲ ML-NL	0,44 *	-0,19	-0,17	0,39 *	-0,29	-0,08
▲ SNP _g	-0,24	0,21	-0,08	-0,06	0,46 *	0,25
▲ GO	0,42 *	0,0	0,13	0,21	0,08	0,17
▲ N	-0,32	0,57 *	0,47 *	0,03	-0,11	-0,02
▲ Index	-0,36	0,22	0,23	-0,50 *	0,06	-0,04
TATROT.	-0,55 *	0,44 *	0,24	-0,45 *	0,30	0,07

Bei den mit * versehenen Werten ist eine Korrelation vorhanden.

Tab. XIXb: Korrelationen von Diagonalwinkel (Diagonal Ø), Rotations- und Translationsvorhersage mit den Veränderungen der skelettalen Variablen (= ▲) zwischen Behandlungsbeginn und 5 Jahre nach Behandlungsende bei BIONATOR- und KONTROLLGRUPPE (ohne Unterteilung der Gruppen nach dem skelettalen Alter)

X. DANKSAGUNG

Für die Überlassung des Dissertationsthemas, die Anregungen während der Arbeit sowie für die Übernahme des Referates möchte ich Frau Prof. Dr. Ingrid Janson meinen Dank aussprechen.

Für die wertvolle Unterstützung bei der Aufstellung der Meßmethode sowie deren Durchführung, insbesondere bezüglich des Diagonalwinkels sowie wertvolle Hinweise zur Interpretation danke ich Herrn Prof. Dr. F. Ascher.

Für die Übernahme des Coreferates danke ich den Herren Prof. Dr. F. Ascher und Prof. Dr. A. Stahl.

Mein besonderer Dank gilt auch Herrn Dipl.-Phys. Dr.rer.nat. G.Hamm (Klinik und Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der Universität München) für die allgemeine wissenschaftliche Beratung und die Entwicklung der für die Statistik nötigen Computerprogramme sowie Frau Lydia Mayer für die Ausführung der Schreibarbeiten.

XI. LEBENSLAUF

Name:	Greimel
Vornamen:	<u>Barbara</u> Franziska
geboren am:	1. Dezember 1958
geboren in:	Isen
Staatsangehörigkeit:	deutsch
Familienstand:	ledig
Name des Vaters:	Martin Greimel
Beruf des Vaters:	Sägewerksbesitzer
Name der Mutter:	Anna Greimel, geb. Neumaier
Beruf der Mutter:	Hausfrau
1965 - 1970:	Besuch der Volksschule in Isen
1970 - 1979:	Besuch des Neusprachlichen Gymnasiums in Erding
1979:	Abitur
1979 - 1980:	Besuch der Verwaltungsfachschule in München
1980:	Aufnahme des Studiums der Zahnheilkunde an der Ludwig-Maximilians-Universität in München
Juni 1985:	Staatsexamen in der Zahnheilkunde
seit November 1985:	Assistenzärztin in freier Praxis

